Studien

über die

Entwicklungsfähigkeit der wichtigsten Wiesengräser

im ersten Vegetationsjahre.

ACAD.
LUGD. BAT.
BIBL.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Philosophischen Fakultät der Georg-August-Universität
zu Göttingen

vorgelegt von

Emil Sinz.

Merseburg.
Druck von Friedrich Stollberg.
1914.

Tag der mündlichen Prüfung: 25. Juni 1913.

Referent: Herr Geh. Reg.-Rat. Prof. Dr. von Seelhorst.

Meiner Pflegetante

in Dankbarkeit.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548110_0068

Die Entwicklung unserer modernen Landwirtschaft infolge der kolossalen Steigerung der Preise für Zucht-, Zug-, Mast- und Milchvieh und für die hierdurch gewonnenen Produkte sowie die immer mehr überhandnehmende Leutenot haben vielen Landwirten Deutschlands in den letzten Jahrzehnten den Anstoss gegeben, ihren Betrieb durch Anlage von Wiesen und Weideflächen zu erweitern bezw. zu ergänzen. Eine derartige Nutzung des Bodens war durch den bis aufs äusserste gesteigerten Zuckerrübenbau in einzelnen Gegenden Deutschlands fast vollständig geschwunden. Man hatte sich unter einem grossen Aufwand von Kapital und Arbeit mit Pflug und Rübe in Lagen gewagt, in welchen eine Rentabilität des Ackerbaues von vornherein recht fraglich erscheinen musste.

Als aber der Zuckerrübenbau aus ganz bestimmten Gründen nicht mehr das leisten und bringen konnte, was einst nicht mit Unrecht von ihm erwartet und erlangt wurde — als man sah, wie immer mehr und mehr die Viehbestände durch einseitige Stallhaltung und -Fütterung in ihrer Gesundheit und Widerstandsfähigkeit zurückgingen, und als man vor allem aus volkswirtschaftlichen Gründen zu der Erkenntnis kam, dass die deutsche Landwirtschaft in der Lage sein müsste, das deutsche Volk mit dem nötigen Fleisch zu versorgen — da trat man der Lösung aller dieser Fragen durch Anlage von Wiesen und Weiden näher. Seitdem erfreuen sich diese des allgemeinsten Interesses in allen

Kreisen der Landwirtschaft treibenden Bevölkerung. Dass man allerdings in dem Sturm der ersten Begeisterung nur zu oft und zu leicht in das Extrem fiel, ist verständlich.

Aber gerade dadurch wurde die landwirtschaftliche Wissenschaft vor so manches schwierige aber auch zugleich dankbare Problem gestellt. Hier fördernd und vor allem klärend zu wirken — war ihre Aufgabe. Die ersten wissenschaftlichen Anfänge auf dem Gebiete des bewussten Grasbaues finden wir in England. Von hier gingen die ersten für die Praxis wertvollen Untersuchungen über den Wert der einzelnen Gräser aus. Nur zu oft hat aber hier das willkürliche Spiel der persönlichen Meinungen eine tatsächlich objektive wissenschaftliche Beurteilung der einzelnen Gräser verhindert.

Erwähnt seien nur Namen wie Sinclair, Fream, Carruthers, Sutton.

Der deutschen Gelehrsamkeit und Gründlichkeit war es vorbehalten, Licht in das Chaos der sich widersprechenden Meinungen zu bringen und gangbare Methoden für weitere Untersuchungen zu schaffen. Hierbei verdienen Stebler und Weber zweifellos an erster Stelle genannt zu werden. Während die Arbeiten von Stebler mehr aus süddeutschen Verhältnissen hervorgegangen sind — haben die Untersuchungen Webers, die in jeder Beziehung als mustergültig in ihrer Art anzusehen sind, als Ausgangsprodukt die norddeutsche Tiefebene. Ergänzt und vervollständigt wurden die Arbeiten dieser beiden Forscher dann noch durch Wittmack, Luedecke, Emmerling u. a. m., besonders in spezielleren Fragen. Alle Untersuchungen dieser Männer gingen aber von Weide- resp. Wiesennarben aus, welche aus Mischsaaten auf natürlich gewachsenem Boden hervorgegangen waren. Weber glaubte, dass man auch nur von diesem Ausgangsprodukt allein zu richtigen Zahlen kommen könnte, denn er sagt:[1]) „Die Erfahrungen, die man auf Beeten in Versuchsgärten oder dergleichen gemacht hat, beweisen nichts für das Verhalten unter jenen Verhältnissen in der freien Natur, am wenigsten, wenn die Beobachtungen nur reingehaltene Reinsaaten zum Gegenstande hatten."

Aber gar bald sah man mit Recht ein, dass dies nicht genügte. Der letzte Schritt musste gewagt werden. Um volle

[1]) Weber, Wert d. englischen Raygrases. Mitteilungen der D. L.-G. 1906, Stück 16, S. 176 Anm.

Klarheit zu erlangen, musste man das Gemisch in seine einzelnen Teile zerlegen und diese in Vegetationsgefässen einer kritischen Untersuchung unterziehen; denn nur so hatte man alle die Faktoren, welche die Vegetation fördernd oder hemmend beeinflussen können, tatsächlich in der Hand.

Grundlegend haben in dieser Richtung Tacke, Kraus und Remy gewirkt.

Dass die einzelnen Gräser sich in gemischtem Bestande anders verhalten als in Reinsaat, ist in den meisten Fällen als richtig anzunehmen. Aber es kommt nicht so sehr darauf an, zu zeigen, dass sich die einzelnen Gräser unter bestimmten Verhältnissen so oder so verhalten, sondern warum sie sich so verhalten müssen. Dazu aber ist unumgänglich notwendig das Studium der einzelnen Gräser in Reinsaat unter den verschiedensten Bedingungen. Mögen die so gefundenen Zahlen sich auch nicht ohne weiteres infolge der Versuchsanstellung und der ihr anhaftenden Fehler auf die grosse Praxis übertragen lassen — die Verhältniswerte werden aber ohne weiteres einen Anspruch auf allgemeine Beobachtung und Berücksichtigung machen können und müssen. Eine Kombination von Freiland- und Gefässkulturen, wie sie sich bei Tacke und Kraus finden, dürfte auch bei den Versuchen mit Gräsern am Platze sein. In jedem Falle aber sollte man sich hüten, gerade bei Grasversuchen den auf Vegetationsgefässen gewonnenen Grössen durch Umrechnung auf Doppelzentner pro Hektar Gewalt anzutun. Die so errechneten Zahlen sind nur imstande, Missverständnisse der gefährlichsten Art heraufzubeschwören. Das Wesen und die Aufgabe der landwirtschaftlichen Wissenschaft beruht nicht so sehr in der schnellen und prompten Beantwortung irgendeiner lokalen praktischen Frage — als vielmehr in der Erfassung und Herausarbeitung der inneren Zusammenhänge der mannigfaltigsten Erscheinungen. Nur durch deren Aneignung und Kenntnis wird dann auch der denkende Praktiker selbst in der Lage sein, in gegebenen Fällen zu richten und zu urteilen.

Die landwirtschaftliche Wissenschaft hat durch die Arbeiten hervorragender Forscher dem heutigen Gräserwirt ein ausgezeichnetes Werkzeug in die Hände gegeben, bei dessen richtiger Handhabung ihm so manche Enttäuschungen früherer Jahre erspart bleiben dürften.

Man trifft heute Weiden von der prächtigsten Beschaffenheit, wo vor Jahren nur elender Dreesch oder höchstens eine klägliche Schafweide zu finden war — oder wo man sich umsonst abquälte, dem Boden eine Rente durch Bearbeitung mit dem Pflug abzugewinnen. Man nahm eben früher an, dass die Weide weit höhere Ansprüche an die Bodenfeuchtigkeit stellte, als dass diese in solchen Lagen hätten befriedigt werden können.

Die exakte Lösung der Wasserfrage bei Gräsern steht zwar noch aus; immerhin hat v. Seelhorst[1]) sehr interessante Zahlen veröffentlicht, die sicher imstande sind, uns, wenn auch nur in groben Umrissen und unter gewissen Kautelen, ein Bild von der Wasserbedürftigkeit von Wiese und Weide im Vergleich zum Acker zu geben. Ich lasse die Zahlen folgen.

Es waren verdunstet und verbraucht:	Weide	Wiese
Vom 4. April bis 16. September 1908	336.0 kg	481.0 kg
„ 6. „ „ 27. „ 1909	332.3 „	435.8 „
Gerste vom 30. März bis 12. August 1907	419.0 kg	
Roggen vom 17. Oktober 1906 bis 12. August 1907. .	455.0 „	
Rüben vom 11. Mai bis 15. November 1907.	383.3 „	
Weizen vom 1. Oktober 1904 bis 10. August 1905 . .	472.2 „	
Roggen vom 1. Oktober 1904 bis 17. August 1905 . .	434.8 „	
Kartoffeln vom 29. April bis 9. Oktober 1905	473.3 „	
Hafer I vom 21. April bis 1. August 1904	370.4 „	
Hafer II vom 21. April bis 1. August 1904.	343.9 „	
Hafer vom 29. April bis 12. August 1903	385.7 „	
Rüben vom 31. Mai bis 19. Oktober 1903	351.4 „	

Wenn auch gegen einen Vergleich dieser Zahlen untereinander die Verschiedenheit der Jahre spricht, so bieten dieselben doch einen bemerkenswerten Anhaltepunkt. Für Roggen, Hafer und Rüben liegen Zahlen aus verschiedenen Jahren vor. Dieselben stimmen aber verhältnismässig gut. Die Abweichung vom Mittel beträgt 2.1 %, 2.3 % und 4.2 %. Nehmen wir selbst an, dass sie bis zu 5 % steigen könnte, so käme für die Weide immer noch eine Wassermenge in Frage, wie sie für die Lebensprozesse unserer sonstigen Zerealien sicher beansprucht wird. Man wird also, wie auch v. Seelhorst schliesst, annehmen können, dass im allgemeinen, sofern die Wasserbedürftigkeit in Frage steht, die Weide bedeutend geringere Ansprüche als Acker und Wiese hat.

[1]) „Welcher Boden und welches Klima erlaubt die Anlage einer Weide?“ Mitgeteilt in Fühlings Landw. Ztg. 1910, S. 562.

Was nun die wissenschaftliche Bearbeitung und Durchforschung einzelner spezieller Seiten auf dem Gebiete des Grasbaues anbelangt, so handelt es sich um Probleme und Aufgaben, deren endgültige und klare Lösung erst späteren Jahren vorbehalten sein dürfte.

Von grösster Bedeutung sind meines Erachtens die Fragen nach der Wasserbedürftigkeit und der Entwicklungsfähigkeit der einzelnen Gräser. Die Frage nach dem Bedarf und der Aufnahmefähigkeit der einzelnen Nährstoffe scheint mir mehr sekundärer Natur zu sein, da dieser Faktor eher als alles andere reguliert werden kann.

Über den Wasserbedarf der verschiedensten Gräser ist eine grössere Arbeit am hiesigen Versuchsfeld durch v. Skrebeuski zum Abschluss gebracht worden, die in gewisser Weise imstande sein kann, die Untersuchungen auf diesem Gebiete in die richtigen Bahnen zu leiten. Zur Beantwortung der beiden anderen Fragen sind von Kraus[1]) und Remy[2]) exakte und zum Teil recht umfangreiche Versuche ausgeführt worden; allerdings nur für recht wenige Arten, wenigstens was die Nährstoffaufnahme anbelangt, und dann zumeist mit einer Apparatur, welche immerhin die Richtigkeit einzelner Ergebnisse recht bedenklich in Frage stellen dürfte, worauf noch später näher eingegangen werden wird.

Die Entwicklungsfähigkeit der verschiedensten Gräser, welche für die Praxis von Bedeutung sind, in den einzelnen Stadien des ersten Vegetationsjahres ist der Gegenstand der vorliegenden Arbeit. Die Versuche sind in der Vegetationshalle des hiesigen Institutes ausgeführt worden. — Wenn man von der Entwicklungsfähigkeit unserer Kulturpflanzen spricht, so ist man nur zu leicht geneigt an das, was das Auge sieht, an die erzeugte oberirdische Substanz zu denken. Damit ist aber der Begriff durchaus noch nicht erschöpft. Was die Pflanzen in den Boden hineintreiben, wodurch sie zum grössten Teile leben, ist nicht nur von rein physiologischem Gesichtspunkt aus interessant und wichtig, sondern auch von einschneidend praktischer Bedeutung und eminentem Werte besonders bei Gräsern, welche ja mehrere Jahre zu Felde stehen. Hier bilden vor allem bei mehrjährigen Kulturen die ausgebildeten Wurzelstöcke ein unschätzbar wertvolles Reservoir an Nährstoffen für schlechte Zeiten. Nach den Untersuchungen

[1]) Fühlings Landw. Zeitung 1911, S. 329—345 und 377—401.
[2]) Ebenda 1910, S. 1—12.

von Remy zeigen die Gräser (allerdings nur an Lolium perenne und Festuca pratensis festgestellt) im ersten Jahre die Neigung, einen starken Wurzelstock auszubilden, im zweiten wird dieser dann noch in geringem Maſse ergänzt, so dass im dritten gleichsam das Gleichgewicht hergestellt und nunmehr der ausdauernde Wurzelstock fast allein ausschlaggebend für die zu erzeugende oberirdische Substanz ist. Ob dieses tatsächlich für alle Gräser zutreffend ist, besonders was den zeitlichen Eintritt des fraglichen Gleichgewichts anbelangt — soll hier dahingestellt bleiben. So viel steht aber fest, dass sich bei den Gräsern, welche mehrere Jahre zu Felde stehen, ein gewisser Kreislauf der Nährstoffe von der oberirdischen Substanz zum Wurzelstock und umgekehrt alljährlich abspielt.

Wir werden also auch bei unseren Ermittelungen über die Entwicklungsfähigkeit der einzelnen Gräser in den verschiedenen Stadien des ersten Vegetationsjahres die Frage zu prüfen haben: Wie steht es mit der Wurzelproduktion im einzelnen? Lassen sich eventuell zwischen der ober- und unterirdisch produzierten Substanz irgendwelche Beziehungen herleiten? —

In den Bereich der Untersuchungen wurden einbezogen: Lolium perenne, Lolium italicum, Avena elatior, Dactylis glomerata, Phleum pratense, Alopecurus pratensis, Festuca ovina, Festuca pratensis, Poa trivialis, Poa pratensis, Agrostis stolonifera, Cynosurus cristatus. Die in ganz jugendlichem Alter zu untersuchenden Einzelgräser wurden nicht in Vegetationsgefässen gewöhnlicher Art kultiviert, sondern in Wurzelkästen, wie sie Rotmistroff[1]) und R. Polle[2]) benutzt und beschrieben haben. Diese Methode hat den Vorteil, dass man die Wurzeln in einer der natürlichen Lage entsprechenden Orientierung festlegen und beurteilen kann. Ganz einwandfrei ist auch dieser Weg nicht infolge der Feinheit der Graswurzeln. Es würde sich vielleicht in diesem Falle empfehlen, mit einsetzbaren feinen Sieben zu arbeiten und dann die Auswaschungen vorsichtig von oben her auszuführen.

Der Boden für alle Versuche war ein fruchtbarer Leinetallehm mit einer Vollen-Wasserkapazität[3]) von 32.14 %. Alle Ge-

[1]) Russisches Journal für experiment. Landwirtschaft 1908, S. 6, 24.

[2]) Über den Einfluss verschieden hohen Wassergehalts, verschiedener Düngung und Festigkeit des Bodens auf die Wurzelentwicklung des Weizens und der Gerste im ersten Vegetationsstadium. Göttingen, Dissert. 1910.

[3]) Vergl. Journal für Landwirtschaft 1910, S. 307.

fässe wurden auf 70 % der V.-W. gehalten und zwar durch tägliches Wiegen und Nachgeben des fehlenden Wassers.

Die einen Monat (nach der Aussaat, 15. August) alten Pflanzen zeigten nach sehr vorsichtiger und äusserst sorgfältiger Auswaschung der Wurzelkästen das Bild, wie es in den Photographien der Tafel No. VI, VII und VIII zum Ausdruck kommt.

Andere Gefässe derselben Art blieben dann unter ständiger Kontrolle noch einen Monat stehen, wurden dann am 17. Oktober ausgewaschen und ergaben folgende Zahlen:

Art:	Zahl der Pflanzen	Oberirdische Substanz: grün	luft-trocken	Tr.-S. %	N %
Lolium italicum	3	10.675	2.5124	23.50	3.54
Avena elatior	3	4.775	1.1266	23.60	4.80
Dactylis glomerata	2	1.400	0.2410	17.20	—
Alopecurus pratensis	2	2.925	0.7510	25.60	3.06
Festuca ovina	2	0.450	0.1348	29.95	—
Poa trivialis	3	1.825	0.3600	19.73	4.44
Lolium perenne	5	12.750	3.0250	23.73	3.54
Agrostis stolonifera	2	—	0.0848	—	—
Poa pratensis	1	—	0.0260	—	—
Phleum pratense	1	—	0.0427	—	—
Cynosurus cristatus	1	—	0.0240	—	—

Art:	Zahl der Pflanzen	Wurzeln: feucht	luft-trocken	100° trocken	Tr.-S. %	N %	O : W
Lolium italicum	3	5.8140	0.8462	0.7795	13.41	1.90	3.36
Avena elatior	3	3.6113	0.6621	0.6168	17.08	1 80	1.70
Dactylis glomerata	2	0.5639	0.0653	0.0604	10.71	—	3.69
Alopecurus pratensis	2	2.7083	0.4949	0.3637	13.43	1.14	1.53
Festuca ovina	2	0.3138	0.0362	0.0334	10.64	—	3.72
Poa trivialis	3	0.4899	0.0413	0.0373	7.61	—	8.75
Lolium perenne	5	6.2475	1.1083	1.0223	16.36	1.73	2.73
Agrostis stolonifera	2	0.0866	0.0126	—	—	—	—
Poa pratensis	1	0.0143	0.0035	—	—	—	—
Phleum pratense	1	0.0073	0.0047	—	—	—	—
Cynosurus cristatus	1	0.0386	0.0074	—	—	—	—

Der prozentische N-Gehalt ist auf die Trockensubstanz (Tr.-S.) bei ca. 105° C. bezogen.

Zur Ermittelung der Entwicklungsfähigkeit in dichtem Bestande bei ein- und mehrmaligem Schneiden wurden in kleinen (12 kg Boden) und grossen (19 kg) Vegetationsgefässen Versuche angesetzt. Bei einmaligem Schnitt ergaben sich folgende Zahlen:

A. Kleine Gefässe (bestellt 15. April, geschnitten 7. Juni).

Art:	Lufttrocken in Gramm:						O : W	
	Oberird. Substanz			Wurzeln				
			= %			= %		
Lolium perenne . .	31.69 33.62	32.66	100.0	23.59 22.50	23.05	100.0	1.34 1.49	1.42
Lolium italicum . .	29.92 29.82	29.87	91.4	14.07 14.09	14.08	61.1	2.13 2.12	2.12
Avena elatior . . .	25.09 24.47	24.78	75.8	9.52 9.40	9.46	41.1	2.64 2.60	2.62
Dactylis glomerata	19.89 19.45	19.67	60.2	8.62 9.47	9.05	39.3	2.31 2.05	2.18
Phleum pratense. .	19.92 21.05	20.49	62.7	8.79 8.28	8.54	37.1	2.27 2.54	2.40
Alopecurus pratens.	14.34 15.07	14.71	45.0	7.77 8.82	8.30	36.0	1.85 1.71	1.78
Festuca ovina . . .	10.06 6.95	8 51	26.0	6.32 5.78	6.05	26 3	1.59 1.20	1.40
Festuca pratensis .	27 79 28.70	28.25	86.5	15.55 17.05	16.30	70.7	1.79 1.68	1.74
Poa trivialis	20.69 19.70	20.20	61.8	6.84 6.35	6.60	28.6	3.03 3.10	3.06
Poa pratensis . . .	8.07 8.04	8.06	24.7	3.55 3.67	3.61	15.7	2.27 2.19	2.23
Agrostis stolonifera	14.32 18 28	16.30	49.9	5.12 7.07	6.10	26.5	2.797 2.59	2.69
Cynosurus cristatus	14.77 14.88	14 83	45.4	7.84 8.47	8.16	35.4	1.88 1.76	1.82

Gedüngt waren die kleinen Gefässe mit:

1.47 g K_2CO_3 . . = 1 g K_2O,
1.65 „ $CaH_4(PO_4)_2$ = 1 „ P_2O_5,
6.07 „ $NaNO_3$ . . = 1 „ N.

B. Grosse Gefässe (bestellt 15. April, geschnitten 17. Juni).

Art:	Lufttrocken in Gramm:						O : W	
	Oberird. Substanz			Wurzeln				
			= %			= %		
Lolium perenne . .	43.92 42.12	43.02	100.0	26.95 22.35	24.65	100.0	1.63 1.89	1.76
Avena elatior . . .	35.84 32.32	34.08	79.2	12.85 12.30	12.58	51.0	2.79 2.63	2.71
Lolium italicum . .	48.02 42.52	45.27	105.2	26.00 21.20	23.60	95.8	1.85 2.01	1.93
Dactylis glomerata	23.77 27.55	25.66	59.6	10.85 12.05	11.45	46.5	2.19 2.29	2.24
Phleum pratense .	28.90 25.52	27.21	63 2	9.90 9.45	9.68	39.3	2.92 2.70	2.81
Alopecurus pratens.	22.87 27.05	24.96	58.0	10.65 15.85	13.25	53.8	2.15 1.71	1.93
Festuca ovina . . .	12.85 12.00	12.43	28.9	6.80 6.80	6.80	27.6	1.89 1.77	1.83
Festuca pratensis .	47.97 45.87	46.92	109.0	34.37 27.32	30.85	125.2	1.40 1.68	1.54
Poa trivialis	29.82 28.65	29.24	67.95	7.57 7.22	7.40	30.0	3.94 3.97	3 96
Poa pratensis . . .	15.49 8.05	11.77	27.4	5.52 3.64	4.58	18.6	2.81 2.21	2.51
Agrostis stolonifera	25.97 30.72	28.35	65.9	8.14 9.57	8.86	35.95	3.19 3.21	3.20
Cynosurus cristatus	24.87 22.92	23.90	55.5	10.27 8.57	9.42	38.2	2.42 2.67	2.55

Die Düngung der grossen Gefässe war:

1.47 g K_2CO_3 . . = 1 g K_2O,
1.65 „ $CaH_4(PO_4)_2$ = 1 „ P_2O_5,
9.10 „ $NaNO_3$ . . = $1^1/_2$ g N.

Das Ergebnis[1]) bei mehrmaligem Schneiden war folgendes:

A. Kleine Gefässe (Aussaat 13. Juni).

Art:	Lufttrocken in Gramm:										O : W	
	Oberirdische Substanz								Wurzeln			
	I. Schnitt 26. Juli		II. Schnitt 14. Sept.		III. Schnitt 7. Nov.		Summe I—III					
Lolium perenne	35.5 38.3	36.9	14.4 16.65	15.5	11.4 11.15	11.3	61.3 66.1	63.7	25.9 19.0	22.5	2.83	
Avena elatior .	17.5 17.8	17.65	19.4 24.65	22.0	5.85 9.35	7.6	42.75 51.8	47.3	12.7 16.9	14.8	3.21	
Lolium italicum	29.8 28.8	29.3	19.9 18.6	19.3	13.25 13.45	13.4	62.95 60.85	61.9	30.05 25.35	27.7	2.24	
Dactylis glom. .	10.1 9.4	9.8	22.4 22.15	22.3	4.85 5.15	5.0	37.35 36.70	37.0	17.8 18.8	18.3	2.03	
Phleum prat. .	6.2 11.1	8.7	3.5 13.9	— 13.9	1.0 3.9	3.9	10.7 28.9	— 28.9	1.1 6.05	— 6.05	4.75	lückig
Alopecurus prat.	4.2 5.8	5.0	10.0 11.9	11.0	3.8 4.5	4,2	18.0 22.2	20.1	9.05 10.8	10.2	1.98	
Festuca ovina .	1.15 1.4	1.3	2.15 6.0	4.1	0.75 2.00	1.4	4.05 9.4	6.7	3.95 6.4	5.2	1.25	
Festuca pratens.	28.3 28.3	28.3	19.4 19.4	19.4	8.95 9.55	9.3	56.35 58.25	57.3	27.30 27.35	27.3	2.09	
Poa trivialis . .	2.6 1.2	1.9	7 8 7.7	7.8	4.9 3 55	8.2	15.3 12.45	13.9	5.75 4.0	4.9	2.89	lückig
Poa pratensis .	0.7 0.2	0.45	1.65 1.6	1.6	0.3 0.25	0.3	2.65 2.05	2.35	1.1 0.8	1.0	2.5	lückig
Agrostis stolon.	3 1 5 3	4.2	12.5 12.7	12.6	4.05 3.8	3.9	19.65 21.8	20.7	10.20 10.15	10.2	2.04	
Cynosurus crist.	0.65 1.5	1.1	3.15 6.5	4.8	5.0 4.95	5.0	8.8 12.95	10.9	6.15 6.7	6.4	1.68	lückig

Düngung: 1.47 g K_2CO_3,
1.65 „ $CaH_4(PO_4)_2$,
6.07 „ $NaNO_3$.

[1]) Vergl. die Photographien auf Tafel No. IX.

B. Grosse Gefässe (Aussaat 26. Juni).

Art:	Lufttrocken in Gramm:						
	Oberirdische Substanz				Wurzeln	O : W	
	I. Schnitt 27. Juli	II. Schnitt 14. Sept.	III. Schnitt 7. Nov.	Summe I—III			
Lolium perenne	18.2	32.9	25.65	76.75	25.95	2.96	
Avena elatior	7.8	14.4	13.5	35.7	17.4	2.08	
Lolium italicum	10.5	31.9	23.1	65.5	17.5	3.74	
Dactylis glomerata . . .	6.5	13.9	7.6	28.0	20.5	1.37	
Phleum pratense . . .	6.4	5.3	6.0	17.7	3.4	5.23	
Alopecurus pratensis . .	3.1	7.85	4.0	14.95	8.5	1.76	
Festuca ovina	0.3	—	—	—	—	—	abgestorben
Festuca pratensis . . .	14.3	33.15	18.2	65.65	32.5	2.1	
Poa trivialis	1.5	3.95	2.55	8.00	2.2	3 64	
Poa pratensis	0.4	—	—	—	—	—	abgestorben
Agrostis stolonifera . .	5 9	12.9	6.35	25.15	8.2	3.06	
Cynosurus cristatus . .	0.55	—	—	—	—	—	abgestorben

Düngung: 1.47 g K_2CO_3, 1.65 g $CaH_4(PO_4)_2$, 10.1 g $NaNO_3$.

Die grossen wie auch kleinen Gefässe erhielten nach dem II. Schnitt 6.07 g $NaNO_3$ in Lösung.

I.

Schon beim Auflaufen zeigten die Gräser entsprechend der später (S. 34) mitzuteilenden Keimungsenergie ganz merkliche Verschiedenheiten. Lol. per., Lol. italic. und Festuca pratensis zeichneten sich schon hierbei durch Schnellwüchsigkeit vor den anderen aus. Dann folgten Avena elatior, hierauf Dactylis, Phleum, Alopecurus, sodann Agrostis, Festuca ovina, Poa trivialis und Cynosurus; am spätesten erschien Poa pratensis, wahrscheinlich spielte hier auch die geringe Keimfähigkeit (13 %) und vielleicht das damit eventuell im Zusammenhang stehende Alter des bezogenen Samens eine Rolle.

Die verschiedene Färbung der Scheideblättchen ist gerade im jugendlichen Alter recht deutlich zu erkennen und darum bemerkenswert: Lol. perenne dunkelblau, Lol. italicum bräunlichblau, Festuca pratensis hellblau, Alopecurus braunrot, Festuca ovina bläulich. Bei den anderen Gräsern fehlt die ausgesprochene

blaue Färbung. Beim Welken verschwindet dieselbe; nach Übergiessen mit starker Schwefelsäure tritt dann aber ein intensiv roter Ton hervor. Durch Beobachtung der Scheideblättchen wird man schon frühzeitig die einzelnen Kulturen von falschen Gräsern, die sich eventuell mit eingeschlichen haben sollten, säubern können. Ein Gras mit blauen Scheideblättchen hat z. B. auf einem mit Avena el., Poa-Arten, Cynosurus oder auch Agrostis stol. bestellten Gefässe nichts zu suchen. Die Länge der Scheideblättchen variiert ebenfalls. Bei den Lolium-Arten wie auch Festuca pratensis schwankt sie im Alter von 2 Monaten zwischen 0.85 bis 1.3 cm und beträgt im Mittel mehrerer Messungen 1.08 cm, bei Alopecurus erreichen sie eine Länge von 1.57—1.9, im Durchschnitt 1.8 cm; hier liegen sie auch an dem sich durchschiebenden Spross nicht so dicht an wie bei den übrigen Gräsern, sondern wölben die Spitzen mit einer sanften Drehung nach aussen auf. Bei Festuca ovina sind die Scheideblättchen nur ca. 0.54 cm lang.

Aber nicht nur in Kleinigkeiten, sondern vor allem in der Gesamterscheinung zeigen die einzelnen jungen Pflanzen der verschiedenen Gräser eine ganz bestimmte Tendenz. Die beigegebenen Photographien (Tafeln VI bis VIII einerseits und IX andererseits) lassen unzweideutig erkennen: Massigkeit der oberirdischen Substanz wie auch Breite des Horstes stehen in direktem Verhältnis zu Menge und Tiefgang der produzierten Wurzeln als auch der Breitenanlage des Wurzelstockes. Die Feststellungen an den zwei Monate alten Gräsern der Wurzelkästen (s. S. 7) liefern ein diesbezügliches Zahlenmaterial. Ganz besonders möchte ich zwar hervorheben, dass hierzu keine Parallelversuche vorliegen. Es schien mir jedoch wertvoll, die Zahlen mitzuteilen, da dieselben vortrefflich in das ganze Bild hineinpassen. Dieselben sollen durchaus kein Definitivum, sondern ausschliesslich informatorischer Natur sein. Dass es sich aber doch um Grössen handelt, die auch in umfangreicheren Versuchen ihre Bestätigung finden dürften, geht daraus hervor, dass die untersuchten Pflanzen tatsächlich gleichwertig waren. Das Gewicht der lufttrockenen oberirdischen[1]) Substanz der einzelnen Pflanzen stellte sich wie folgt:

[1]) Das Gewicht für die Wurzeln konnte nicht einzeln festgestellt werden, da dieselben durch das Ausspülen durcheinander geraten waren und eine Isolierung danach nicht mehr möglich war.

	I.	II.	III.	IV.	V.
Lolium perenne	0.6026	0.5957	0.5883	0.6844	0.554
Lolium italicum	0.9926	0.6750	0.8449		
Avena elatior	0.3561	0.3924	0.3781		
Poa trivialis	0.1164	0.1140	0.1304		
Alopecurus pratensis . . .	0.3466	0.4044			

Auf Grund der auf S. 7 mitgeteilten Zahlen würde sich für eine 2 Monate alte Pflanze unter den mitgeteilten Verhältnissen folgende Zusammenstellung ergeben:

Art:	Lufttrocken in Gramm:	
	Oberird. Substanz	Wurzeln
Lolium perenne	0.605	0.222
Lolium italicum	0.837	0.282
Avena elatior	0.376	0.22
Dactylis glomerata . . .	0.188	0.033
Alopecurus pratensis . . .	0.376	0.2475
Poa trivialis	0.120	0.014
Agrostis stolonifera . . .	0.0424	0.0063
Festuca ovina	0.0677	0.0181
Poa pratensis	0.0260	0.0035
Phleum pratense	0.0427	0.0047
Cynosurus cristatus . . .	0.024	0.0074

Auf Grund der Photographien wie der obigen Zahlen dürfte ungefähr folgendes geschlossen werden: Die bei weitem grösste Entwicklungsfähigkeit kommt Lolium perenne, Lolium italicum und Festuca pratensis zu, Avena elatior steht diesen gegenüber doch beträchtlich zurück, ebenso Alopecurus, der erst im Alter von 2 Monaten bedeutend in die Höhe geht; die übrigen Gräser folgen erst in weitem Abstande. Unter diesen ist mit Ausnahme von Poa pratensis eine genauere Differenzierung nicht recht angängig. Es scheint so, als ob Agrostis, Cynosurus und Poa trivialis einerseits und Dactylis und Phleum andererseits zu einer Gruppe zusammengeschlossen werden könnten. Auffallend ist vor allem die ausserordentlich langsame Entwicklung von Dactylis und Phleum in dem Alter von 1—2 Monaten.

Interessant sind ferner die Zahlen für die Trockensubstanz wie auch für den prozentischen N-Gehalt der Blattmasse und Wurzeln in demselben Alter (s. S. 7). Die drei wüchsigen Gräser sind in dem Trockensubstanzgehalt der Blattmasse nicht verschieden; er schwankt zwischen 23.73 und 23.6 %. Dagegen

zeigen die Wurzeln in dieser Beziehung eine merkliche Differenz. Hier steht Lolium italicum mit 13.41 % um 3—4 % hinter Lolium perenne und Avena elatior zurück. Vielleicht ist hierin mit ein Grund für die fragliche Winterfestigkeit dieses Grases gegeben. Alopecurus und Festuca ovina zeigen in der ober- wie auch unterirdischen Substanz eine verhältnismässig hohe — Dactylis und Poa trivialis dagegen eine geringe Trockensubstanz. Im prozentischen N-Gehalt weisen die Wurzeln der wüchsigen Gräser eine gute Übereinstimmung auf. Lolium italicum steht etwas höher als die übrigen, jedoch mag das ebensogut innerhalb der Fehlergrenze liegen. Alopecurus weicht mit 1.35 % N sehr stark ab. Der N-Gehalt der oberirdischen Substanz schwankt im einzelnen recht beträchtlich. Während Lolium perenne und italicum ähnliche Werte zeigen, ist er bei Avena elatior um 1.3 % höher. Alopecurus hat auch in der oberirdischen Substanz mit 3.06 % einen bedeutend geringeren N-Gehalt als die wüchsigen Gräser. Es scheint demnach der prozentische N-Gehalt der ober- und unterirdischen Substanz in gewisser Weise zu korrespondieren. Auffallend jedoch ist der verhältnismässig hohe N-Gehalt aller Gräser in so jugendlichem Stadium. Es liegt das aber nicht an einer etwa reichlich bemessenen leicht löslichen und aufnehmbaren N-Düngung, da die betreffenden Pflanzen auf ungedüngtem Boden gewachsen waren. Man sieht aber hieraus, dass die Gräser infolge ihres fein verteilten Wurzelsystems in der Lage sind, dem Boden verhältnismässig grosse Mengen an Nährstoffen, besonders auch an N zu entziehen. Ähnliche Beobachtungen sind auch von Tacke[1]) gemacht und mitgeteilt worden. Genauere Untersuchungen in dieser Richtung dürften vielleicht recht interessante Ergebnisse liefern, die auch von praktischer Bedeutung wären.

Im dichten Bestande zeigen die untersuchten Gräser nach den Zahlen, welche aus den Versuchen in Vegetationsgefässen gewonnen wurden (S. 8 und 9), fast dieselben Abstufungen wie sie für einzelne oder nur wenige in weiterem Abstande kultivierte Pflanzen mitgeteilt sind.

Die bei weitem grösste Nutzungs- und Entwicklungsfähigkeit bei einmaligem Schnitt zeigen nach den Zahlen der Tabelle

[1]) Tacke, Der Einfluss des häufigen Schneidens auf den Gesamtertrag der Gräser. Mitteilungen des Vereins zur Förderung der Moorkultur im deutschen Reich 1910, S. 318.

S. 8 und 9 Lol. perenne, Lol. italicum, Festuca prat. und Avena elatior. Es folgen dann Dactylis, Phleum und Poa trivialis, sodann Alopecurus, Agrostis und Cynosurus, während Festuca ovina und Poa prat. den geringsten Ertrag brachten. Um diese Unterschiede noch deutlicher hervortreten zu lassen, sind in den Tabellen auf S. 8 und 9 die Erträge von Lol. perenne = 100 gesetzt und die übrigen danach prozentisch verrechnet worden. Bemerkenswert ist, dass die grossen Gefässe durchweg höhere Erträge geliefert haben als die kleinen. Dieselben sind zwar 10 Tage später geschnitten worden, jedoch dürfte die Verschiedenheit des zu Gebote stehenden Bodenvolumens und der dadurch bedingte grössere Wasservorrat eine nicht zu unterschätzende Rolle gespielt haben.

Während das Bild, wie es sich auf Grund der Tabelle auf S. 8 u. 9 gestaltet, recht klar ist, verschiebt es sich besonders in Einzelheiten bei mehrmaligem Schneiden recht beträchtlich (Tabelle auf S. 10 u. 11).

Auffallend ist zunächst, dass bei diesen Versuchen Poa prat. und Cynosurus, teilweise auch Festuca ovina und Poa trivialis trotz sorgfältigster gleichmässiger Aussaat und Pflege teils einen lückigen Bestand ergaben, teils total (besonders bei den grossen Gefässen) versagten, während derselbe Same im ersten Versuch mit einmaligem Schnitt einwandfreie Resultate lieferte. Cynosurus wie auch Festuca ovina liefen gut auf, vertrockneten dann aber zum grössten Teil in sehr jungem Stadium. Die Zeit der Aussaat scheint somit nicht ohne Einfluss zu sein. Es wäre sicher eine dankbare Aufgabe, die diesbezüglichen Literaturangaben durch exakte Versuche zu berichtigen; denn es ist ohne weiteres klar, dass die Zeit der Ansaat für die Zusammensetzung wie auch für die Nutzungsmöglichkeit von einschneidender Bedeutung sein muss. In den Zeiten höherer Temperatur ist nur zu leicht die Gefahr vorhanden, dass die oberste Bodenschicht zu sehr austrocknet. Die sich sehr langsam entwickelnden Wurzeln besonders einiger Gräser sind nicht in der Lage, rasch und tief in die unteren feuchten Bodenschichten einzudringen — und vertrocknen gar bald. Dieses Los dürfte vor allem bei sommerlicher Ansaat fast allen wertvollen narbenschliessenden Untergräsern beschieden sein. Die Samenkörner der Gräser keimen bei niedriger Temperatur und genügender Feuchtigkeit bedeutend sicherer, gleichmässiger und besser als

bei hoher. Ausserdem hatten die Gräser des zweiten Versuches durch tierische Schädlinge zu leiden, welche nicht näher ermittelt werden konnten. Bei der frühen wie auch noch späteren Bestellung war von einer ähnlichen Schädigung nichts zu merken. Es dürfte sich somit auch beim Grasbau, besonders für einzelne Gräser, der alte Grundsatz bewähren: Möglichst früh aussäen. Für eine zu frühe oder zu späte Aussaat ist jedoch durch die Untersuchungen von Haberlandt[1]) eine gewisse Grenze gezogen worden. Was die Tiefe der Unterbringung anbelangt, so ist auch hier Vorsicht geboten, vornehmlich sofern schwerere Böden in Frage kommen. Besonders die feinsamigen Gräser mit einer meist geringeren Keimungsenergie ersticken unter einer dickeren Schicht nur zu leicht; Agrostis macht allerdings in dieser Beziehung scheinbar eine Ausnahme. Die Poa-Arten dagegen sind in obiger Beziehung äusserst empfindlich, schon eine gut durchlüftete Decke von ca. $^1/_2$ cm wirkt schädigend. Die Gräser mit grösseren Samen überwinden ein solches Hindernis infolge ihrer grösseren Keimungsenergie und Entwicklungsfähigkeit wie auch der hebenden Kraft des grösseren Keimlings verhältnismässig leicht und schnell.

Auch bei dem Versuch mit mehrfachem Schnitt werden die ersten vier Plätze sowohl in der Gesamternte wie auch in den einzelnen Schnitten in der alten bekannten Reihenfolge besetzt. Bei den grossen Gefässen ist im ersten Schnitt Lol. per. allen andern Gräsern bedeutend voraus, erhält dann im zweiten Schnitt in Lol. italic. und Festuca prat. ebenbürtige Konkurrenten, kommt bei dem dritten Schnitt aber wieder auf den ersten Platz. Es folgt dicht dahinter Lol. italic. und Festuca prat. Im Gesamtertrage zeigt Lol. per. die höchste, Lol. italic. und Festuca prat. die gleiche Leistungsfähigkeit. Avena elatior bringt ebenfalls einen verhältnismässig guten Ertrag, kann aber mit den erstgenannten nicht Schritt halten. In weitem Abstande folgen dann Dactylis, Phleum, Alopecurus und Agrostis. Die übrigen Gräser bleiben noch weiter zurück. Bei den kleinen Gefässen steht zwar Lol. per. im ersten Schnitt auch an erster Stelle, nimmt dann aber zusammen mit Lol. italic. und Festuca prat. im zweiten Schnitt aus Gründen, welche später dargelegt werden, bedeutend ab und

[1]) Haberlandt, Die oberen und unteren Temperaturgrenzen für die Keimung der wichtigsten landw. Sämereien. Landw. Versuchs-Stationen XVII, S. 104.

kommt im dritten Schnitt hinter Lol. italic. zu stehen, ihm folgt Festuca prat. Im Gesamtertrage finden sich fast dieselben Abstufungen wie bei den grossen Gefässen. Trotzdem weichen bei einer näheren Betrachtung die kleinen Gefässe mit ihren Einzel- wie Gesamt-Erträgen bedeutend von den grossen ab. Für die letzteren wäre das bei den entwicklungsfähigen durchaus zu verstehen. Denn bei den kleinen Gefässen stossen die in so schnellem Tempo sich entwickelnden Wurzeln verhältnismässig früh auf den Boden und finden hier einen dem Geotropismus entgegenwirkenden unüberwindlichen Widerstand. Hierdurch tritt ein Verlust an derjenigen Energie ein, welche die Wurzeln unter günstigen Verhältnissen zur Ernährung und zum Aufbau der Pflanze hätten verwenden können. Je weniger Energie aber durch die Tätigkeit der Wurzeln zur Aufnahme der Nährstoffe verloren geht, desto produktiver sind die Pflanzen an oberirdischer Substanz.[1]) Bei den übrigen sich langsamer entwickelnden Gräsern bringen dagegen die kleinen Gefässe durchweg höhere Gesamterträge. Der Hauptgrund für diese Verschiedenheiten dürfte aber in anderer Richtung liegen: die kleinen Gefässe wurden am 13. Juni, die grossen erst am 26. Juni bestellt; der erste, wie auch alle übrigen Schnitte, wurden bei beiden stets zu derselben Zeit genommen. Gerade das verschiedene Alter in den beiden Serien bei der Entnahme des ersten Schnittes scheint auf die weitere Entwicklung und somit auf das Gesamtergebnis von weitgehenden Folgen zu sein.

Die prozentische Zusammensetzung der einzelnen Schnitte zur Gesamternte (= 100) ergibt sich für die untersuchten Gräser wie folgt:

(Siehe die Tabelle auf S. 18.)

Nach dieser Zusammenstellung erlangten die Gräser der grossen Gefässe durchweg erst im zweiten Schnitt den Höchstertrag mit ca. 50 %, im dritten Schnitt einen Anteil von ca. 30 %. Phleum pratense zeigt allein sich beinahe gleichbleibende Zahlen in den einzelnen Schnitten. Bei den kleinen Gefässen mit ca. 14 Tage älteren Kulturen erreichen Lolium perenne, Lolium italicum und Festuca pratensis schon im ersten Schnitt eine Höhe von ca. 50 %, im zweiten 25—30 % und im dritten fast durchweg 20 % des Gesamtertrages. Avena elatior, Dactylis,

[1]) Vergl. Mitscherlich, Bodenkunde, 1905, S. 124.

Phleum, Alopecurus, Festuca ovina, Poa trivialis und Agrostis stolonifera zeigen sowohl bei den kleinen wie auch bei den grossen Gefässen ihre Höchstleistung im zweiten Schnitt mit ca. 50—60 %. Die Gesamternte von Dactylis, Avena, Alopecurus und Poa trivialis ist dagegen auf den kleinen Töpfen höher als auf den grossen. Hier scheint ein zu früh genommener Schnitt infolge der langsameren Entwicklung den Gesamtertrag beträchtlich herunterzudrücken. Bemerkenswert ist wiederum, dass der dritte Schnitt bei den grossen Gefässen ohne Ausnahme höhere Erträge geliefert hat als bei den kleinen.

Art:	Kleine Gefässe 13. Juni			Grosse Gefässe 26. Juni		
	I	II	III	I	II	III
Lolium perenne	57.9	23.9	17.5	23.7	42.9	33.4
Avena elatior	37.6	46.2	15.9	21.8	40.3	37.8
Lolium italicum	47.3	30.7	21.6	16.1	48.8	35.3
Dactylis glomerata	26.3	60.1	13.5	23.2	49.6	27.1
Phleum pratense	38.4	48.3	13.5	36.2	29.9	33.9
Alopecurus pratensis	24.7	54.6	20.7	20.7	52.5	26.8
Festuca ovina	21.2	58.5	19.9	—	—	—
Festuca pratensis	49.6	32.8	16.4	21.7	50.4	27.7
Poa trivialis	13.3	56.4	30.3	18.8	49.4	31.9
Poa pratensis	—	—	—	—	—	—
Agrostis stolonifera	20.0	60.9	21.6	23.5	51.3	25.3
Cynosurus cristatus	—	—	—	—	—	—

Lolium perenne, Lolium italicum und Festuca pratensis ergrünten zunächst nach dem ersten Schnitt bei den kleinen Gefässen recht freudig und schnell, fingen dann aber von den Spitzen an abzusterben. Genau dieselbe Beobachtung wurde bei Dactylis nach dem zweiten Schnitt bei beiden Reihen gemacht. Man wird nun zunächst geneigt sein, diese Erscheinungen und infolgedessen auch den niedrigen Ertrag der drei erstgenannten Gräser in dem zweiten und teilweise auch dritten Schnitt auf N-Mangel zurückzuführen, zumal die kleinen Gefässe nur 6.10 g $NaNO_3$ und die grossen 10.1 g $NaNO_3$ von vornherein erhalten hatten. Wenn man aber bedenkt, dass die gegebenen N-Mengen sich im Verhältnis auf ungefähr dasselbe Boden-Volumen verteilten, dass ferner die Versuche mit einem schweren Lehmboden, der ohne jegliche Düngung recht ansehnliche Kornerträge liefert, angestellt wurden — so wird man sich doch so kurzer Hand

mit der Erklärung jener Wachstumshemmungen durch N-Mangel nicht begnügen können. Nimmt man an, dass die im ersten und zweiten Schnitt produzierte oberirdische Substanz nach allgemeiner Anschauung einen durchschnittlichen Gehalt von 1.5 % N und die produzierte Wurzelmenge von ca. 20 g denselben N-Gehalt aufwiesen, so ergibt sich kein Grund zu solch markanten Erscheinungen. Ist man sich ferner der Tatsache bewusst, welche besonders durch die Versuche von Remy für die in Frage stehende Gräserklasse klargestellt worden ist, dass unter ungünstigen Bedingungen der Wurzelstock imstande ist, die in ihm aufgespeicherten Nährstoffe zur Erzeugung oberirdischer Bestandteile zu verwenden, so wird man annehmen müssen, dass jene Erscheinungen nicht allein in dem etwaigen N-Mangel, sondern vielmehr in anderen Faktoren begründet sind. Nach meinen Beobachtungen und Erfahrungen mit Graskulturen tritt oft ohne den mindesten N-Mangel ein Stillstand ein, welcher auf eine allgemeine Erschöpfung infolge allzu grosser Inanspruchnahme in vorgerücktem Vegetationsstadium zurückzuführen sein dürfte. Für Lolium perenne liegen auch von anderer Seite ähnliche Beobachtungen vor. Weber drückt sich ebenfalls dahingehend aus: „Einen Schnitt im blühenden oder fruchtenden Zustande verträgt Lolium perenne minder gut.“ [1]) Schon von rein theoretischen Gesichtspunkten ist dieses durchaus verständlich. Die Gräser zeigen in dem Streben nach baldiger Ausbildung von Blüten- und Fruchtständen zur Erhaltung der Art eine kolossale Energie. In diesem Bestreben und dessen Unterbindung durch Schneiden oder Beweiden beruht die grosse Produktivität der einzelnen Arten. Immer wieder und wieder setzt die Pflanze an, um jene Bestimmung zu erfüllen, aber immer wieder wird sie daran gehindert. So stirbt sie schliesslich ab, sei es, dass es ihr gelungen ist, Früchte auszubilden, welche in ihrer weiteren Entwicklung die Mutterpflanze ablösen, sei es, dass sie sich in dem vergeblichen Streben nach der Erreichung ihres letzten Zieles zu Tode erschöpft hat, und dann von den mehr ausdauernden Arten erdrückt wird. Die älteren Pflanzen unseres Versuches waren vor dem ersten Schnitt

[1]) „Wert des engl. Raygrases für die Anlagen dauernder Nutzgrasflächen im norddeutschen Tiefland.“ Mitteilungen der D. L.-G. 1906, Stück 16, S. 176; ähnliche Angaben bei Nowacki, „Kleegrasbau“, 1909, S. 45 und Kraus, l. c. S. 379 und 382.

bis zu einem Stadium vorgeschritten, welches die Erlangung des oben genannten Zieles erhoffen liess. Durch den ersten Schnitt trat infolge der vorher zu hoch gesteigerten Produktion oberirdischer Substanz eine bedenkliche Disharmonie ein, die selbst nach gegebener N-Düngung noch in dem dritten Schnitt nachwirkte. Dass tatsächlich eine einseitig gesteigerte oberirdische Produktion zu leicht eine Störung des gesamten Organismus selbst bei Gegenwart von leicht aufnehmbarem N und der übrigen Nährstoffe nach vorübergehender Unterbrechung der Lebensfunktionen herbeiführen kann, geht aus den Beobachtungen an Dactylis nach dem zweiten Schnitt hervor. Dieses Gras war in dem Ertrage des zweiten Schnittes ohne jegliche Krankheitserscheinung zu einer enormen Höhe emporgeschnellt. Sofort nach dem Schneiden bekam es in Lösung mit dem nötigen Wasser von unten durch die Durchlüftungsröhre 1 g N = 6.07 $NaNO_3$, welches die gerade am Boden des Gefässes liegenden Wurzeln leicht aufnehmen und verarbeiten konnten. Zunächst ergrünte das Gras ebenfalls ohne irgendwelche Krankheitssymptome sehr freudig und rasch. Nach ca. 14 Tagen aber trat plötzlich ein Vegetationsstillstand ein; die grünen Blattspitzen fingen an zu verwelken und auf den abgestorbenen oder trotz reichlicher N-Düngung absterbenden Partien trat dann noch Meltau auf. Selbst bei reichlichem N-Vorrat macht sich nach verhältnismässig hohen Ernten ein schroffer Abfall bemerkbar, so bei Avena, Alopecurus und Agrostis. Dass solche Erschöpfungserscheinungen nicht spontan eintreten, sondern erst eine Weile nach dem die Ermattung hervorrufenden Akte, ist von physiologischem Standpunkt durchaus verständlich. Dass ferner eine gewisse Zeit von der Pflanze benötigt wird, um das harmonische Gleichgewicht wieder herzustellen, ist ebenso begründet wie natürlich. Infolgedessen ist auch trotz reichlicher N-Düngung bei den kleinen Gefässen der Ertrag in der dritten Ernte bei Lolium perenne, Lolium italicum und Festuca pratensis geringer. Die Regeneration der geschnittenen Gräser beruht zum grössten Teil auf Reizwirkungen. Setzt der Reiz zu früh oder zu spät ein, so werden auch dessen Folgen nicht normal verlaufen, sondern gewissermassen im umgekehrten Verhältnis dazu stehen. Zur Bewahrung einer vorteilhaften Harmonie wird man darum besonders bei den öfter zu schneidenden resp. zu nutzenden Gräsern mit grosser Entwicklungsfähigkeit mancherlei zu beobachten haben. „Zur

Erzielung eines selbstregulatorischen Waltens ist es allgemein nötig, dass die beteiligten Faktoren nicht bis zu dem möglichen Maximum in Anspruch genommen sind, und dass zur Wiederherstellung der gestörten Harmonie je nach dem Bedürfnis eine oder einige Funktionen beschleunigt oder verlangsamt werden."[1])

Bei den landwirtschaftlich als Weide oder Wiese genutzten Grasflächen wird es auf eine zweckmässige Düngung in jedem Falle ankommen — aber ebensosehr wird der Ertrag von einer zeitlich richtigen Inanspruchnahme, sei es durch Schnitt oder Beschickung mit Weidetieren, abhängen. Nur zu oft wird man geneigt sein, von einem Mangel an N oder anderen Nährstoffen zu sprechen, wo ein solcher garnicht vorzuliegen braucht, sondern wo es sich vielmehr um eine falsche Behandlung und Inanspruchnahme der Grasflächen handelt.

Will man dagegen die mitgeteilten Schädigungen ausschliesslich auf N-Mangel zurückführen, so wird das nicht in der Form zu geschehen haben, dass es an N im Boden, sondern vielmehr in dem Wurzelstock fehlte infolge zu grosser Inanspruchnahme zur Ausbildung oberirdischer Substanz und allzu früher Abwanderung der Nährstoffe. Jene Schwächezustände dauern eben dann so lange, bis das fragliche Manko in dem Wurzelstock entweder durch Neubildung oder Füllung mit den nötigen Nährstoffen ausgeglichen worden ist. Dass die Gräser in der ersten Vegetationsperiode tatsächlich grosse Ansprüche an den Wurzelstock stellen, geht aus den Untersuchungen von Remy[2]) hervor. Zu Beginn der zweiten Periode zeigen die Wurzeln der untersuchten beiden Gräser einen sehr geringen prozentischen N-Gehalt im Vergleich zu den Feststellungen am Schlusse der anderen Perioden — am Ende der zweiten Periode ist er beinahe um das Doppelte höher — aber trotzdem eine niedrigere Ernte an unterwie auch oberirdischer Substanz als beim ersten Schnitt mit einem höheren prozentischen N-Gehalt. Da aber Remy[3]) seinen Versuchen reichliche Gaben an N-haltigen Düngemitteln wiederholt zugeführt hat, und eine Auswaschung derselben unmöglich erscheint, so wird man auch hier zu der Annahme gedrängt, dass eine zu starke Inanspruchnahme während der grössten Entwicklungsperiode eine gewisse Erschöpfung in dem ganzen Organismus, im besonderen im Wurzelstock zur Folge haben muss.

---

[1]) Pfeffer, Pflanzenphysiologie Bd. II, 1904, S. 198.
[2]) l. c. S. 4 ff.
[3]) Remy, l. c. S. 2.

II.

Wie steht es nun mit der Bewurzelung der untersuchten Gräser?

Die Forschungen über Wurzelfragen im allgemeinen befinden sich noch vollständig im Fluss. Die Angaben in der einschlägigen Literatur, soweit überhaupt solche vorhanden sind, widersprechen sich nur zu oft, weil von den verschiedensten Einflüssen durch Boden, Klima und Feuchtigkeitsverhältnisse nichts so abhängig ist wie die Bewurzelung unserer landwirtschaftlich genutzten Kulturpflanzen, im besonderen unserer Gräser, wie sie zur Ansaat von Futterflächen verwendet werden. Man hat sich eben oft verleiten lassen, aus ganz speziellen Verhältnissen heraus auf die grosse Allgemeinheit zu schliessen. Dass man aber in der Erforschung dieser so überaus wichtigen Materie noch nicht weit vorwärts gekommen ist, liegt an den Schwierigkeiten, welche sich hierbei ergaben. Wir haben bisher noch keine Methode, die uns in den Stand setzt, die Bewurzelung unserer anzubauenden Pflanzen nach allen Richtungen hin exakt zu studieren. So mannigfaltig auch die benutzten Methoden sind von Hellriegel[1]) bis auf Rotmistroff,[2]) es haften ihnen allen Fehler gröberer oder feinerer Natur an. Die Methode des letztgenannten Forschers dürfte augenblicklich immer noch die beste sein. Mit kleinen Abänderungen ist sie auch in den Wurzelarbeiten[3]) des landw. Versuchsfeldes zu Göttingen angewendet worden. Die beigegebenen Wurzelbilder der einzelnen Gräser sind auf demselben Wege gewonnen. Auch diese können keinen Anspruch auf naturgetreue Wiedergabe des allseitigen Breiten-Wachstums machen. Nur der Tiefgang, sowie die Zahl der erzeugten Wurzeln, auch die Breite des sich entwickelnden Wurzelstockes finden in ihnen einen unzweideutigen Ausdruck.

Die Gräser sind zum Teil noch heute zu „Flachwurzlern“ bestimmt, weil sie keine ausgesprochene Pfahlwurzel haben. Zwar dringt die Keimwurzel in beträchtliche Tiefe pfahlwurzelartig in den Boden, stirbt aber bald ab, und es erfolgt dann

---

[1]) Hellriegel, H., Beiträge zur naturwissenschaftlichen Grundlage des Ackerbaues. Braunschweig 1883.

[2]) Rotmistroff, Die Gebiete der Verbreitung der Wurzeln bei einjährigen Kulturpflanzen. Russisches Journal f. experim. Landwirtschaft Bd. 9, 1908, S. 6 ff. und 24.

[3]) Vergl. Anm. 1 auf S. 6.

eine lebhafte Produktion von zahlreichen Adventiv- resp. Kronenwurzeln.

Dass aber auch „Flachwurzler“ recht tief in den Boden einzudringen vermögen, hat Orth[1]) durch seine mustergültigen Wurzelstudien bewiesen.

Schon früh wurden denn auch Stimmen[2]) laut, welche von dem einen oder anderen Grase zu berichten wussten, dass es Wurzeln von ganz beträchtlicher Länge (60—100 cm) in den Boden hineinschicke. Es handelte sich aber hierbei fast stets um beiläufige Beobachtungen.

Noch Strecker[3]) weist den Wurzeln der Gräser eine Tiefe von 5—10 cm zu und meint, dass Wurzelbüschel bis zu 50 cm, wie sie „gelegentlich auf schönen Tafeln“ zu sehen wären, einem „normalen Zustande der Verbreitung der Wurzeln“ nicht entsprächen. Unter welchen Verhältnissen die Gräser tatsächlich nur ganz oberflächlich, d. h. in einer Tiefe von 5—10, ausnahmsweise 20 cm die Hauptmasse ihrer Wurzeln halten, ist durch Lüdecke[4]) gezeigt worden.

Die ersten exakten Untersuchungen über die Bewurzelung unserer Gräser sind von Kraus angestellt worden. Er kommt dabei zu folgendem Ergebnis:[5]) „Die Graswurzeln sind zu einem ganz beträchtlichen Tiefgang befähigt, der (wie bei anderen Pflanzen auch) am grössten ist bei kräftiger Entwicklung unter günstigen Verhältnissen (gute Ernährung, grösserer Standraum) und auf tief gelockertem Boden, aber wieder verschieden, je nach der Art des Grases.“

Dass die einzelnen Gräser schon sehr früh (1 Monat alt) Wurzeln von beträchtlicher Länge besitzen, und dass unter den Gräsern bei den obwaltenden Verhältnissen schon in diesem Stadium eine ganz klare Differenzierung zu erkennen ist, geht aus den beigegebenen Wurzelphotographien (siehe Taf. VI, VII und VIII) aufs klarste hervor.

Die Länge der Hauptwurzeln stellt sich auf Grund von Wurzelmessungen in Zentimetern wie folgt:

---

[1]) Orth, Wurzelherbarium der Kgl. Landw. Hochschule Berlin 1876.

[2]) Ausführliche Literatur bei Kraus, l. c. S. 330—333.

[3]) Strecker, Erkennen und Bestimmen der Wiesengräser, 1913, S. 13 und 14. — Derselbe, Die Kultur der Wiesen, 1906, S. 16 und 256.

[4]) Lüdecke, Die Verbesserung und Bewirtschaftung unbewässerter Wiesen und Weiden. Fühlings Landw. Zeitung 1910, S. 296.

[5]) l. c. S. 336.

Lolium perenne	Lolium italicum	Festuca pratensis		Avena elatior		Cynosurus cristatus	Dactylis glomerata	
20	27	14.8	6.5	18.5	17.5	9.84	5.17	4.15
15	27	16.2	9.7	8.5	24.7	4.36	8.92	4.1
30	21	**24.0**	16.2	**(30.0)**	**(30.0)**	7.01	**(13.22)**	5.34
(25.5)	32	(21.0)	(23.2)	20.0	10.2	9.95	6.94	8.89
31.0	(21)	18.8	**29.0**	11.0	15.7	**(12.21)**	4.97	(12.6)
15.0	26	9.7	24.0			9.34		
15.0	23	16.0	12.2			8.74		
		7.4	6.0			9.70		

Festuca ovina		Poa trivialis		Agrostis stolonifera		Alopecurus pratensis	Phleum pratense		Poa pratensis
4.72	4.5	5.6	8.0	4.7	6.8	4.7	**(17.75)**	**(12.43)**	**(3.5)**
3.6	**(8.5)**	9.9	8.0	**(18.5)**	10.3	**(14.7)**	2.27	2.67	0.3
3.9	7.3	9.9	**(10.2)**	13.7	7.4	13.3	1.0	1.06	0.3
(9.5)		5.9	15.1		**(12.5)**	6.2			
6.7		**(8.0)**	9.1						
			7.9						

Der grösste Tiefgang ist bei den obigen Zahlen durch Fettdruck hervorgehoben, die Länge der Keimwurzeln ist in Klammern gesetzt.

Kraus[1]) teilt für die Wurzeln von 2—3 Wochen alten Pflanzen ähnliche Längen mit:

Avena elatior	24 cm
Festuca pratensis	20 „
Festuca ovina	11 „
Dactylis glomerata	19 „
Lolium italicum	24 „
Phleum pratense	17 „

Nehmen wir dann noch die auf S. 7 angegebenen Zahlen für die Wurzelproduktion 2 Monate alter Gräser hinzu, so ergibt sich folgendes:

Schon in der frühesten Jugend zeigen die Gräser in ihrer Wurzelproduktion eine ganz bestimmte Tendenz, die auch in den späteren Stadien des ersten Vegetationsjahres dominiert. Sowohl in Länge als auch Zahl und Massigkeit sind Lolium perenne, Festuca pratensis und Avena elatior schon nach einem Monat allen anderen bedeutend voraus. Sie zeigen schon in diesem Stadium eine stattliche Anzahl von Kronenwurzeln, welche die Keimwurzeln in Befaserung und Länge übertreffen, während bei den langsam sich entwickelnden Gräsern die Keimwurzel

[1]) l. c. S. 334.

mit ihren fein verteilten Verästelungen um mehrere Zentimeter länger sind als die sich entwickelnden Kronenwurzeln. Hierin liegt vielleicht mit begründet die Schnellwüchsigkeit und die bedeutend grössere Nutzungsfähigkeit der erstgenannten Grassorten; denn bei diesen ist die Ernährung schon in der ersten Jugend, welche mit ausschlaggebend ist für das weitere Gedeihen der einzelnen Pflanze, auf eine bei weitem breitere und leistungsfähigere Basis gestellt als bei den letzteren. Versagt aber diese, so sind gerade solche Pflanzen viel eher dem Untergang preisgegeben. Darum kann man oft beobachten, dass gerade unsere leistungsfähigsten Gräser nur unter ganz bestimmten Verhältnissen Höchsterträge liefern oder überhaupt Existenzmöglichkeiten finden, während sie unter anderen Bedingungen gänzlich versagen. In der Art, wie die einzelnen Gräser sich schon im frühesten Entwicklungsstadium zu verankern und somit einen den verschiedensten Einflüssen widerstehenden Standort zu verschaffen suchen, bestehen grosse Abweichungen. Unter den vorliegenden Bedingungen wachsen Lolium perenne, Lolium italicum, Avena elatior und Festuca pratensis schon im 1. Monat mit der Basis des sich entwickelnden oberirdischen Stockes, mit dem sogen. Endstamm, verhältnismässig tief in die Erde hinein. Poa trivialis, Alopecurus pratensis, Dactylis, Festuca ovina und bis zu einem gewissen Grade auch Cynosurus und Agrostis zeigen dieses Bestreben erst im Laufe des zweiten Monats. Phleum und Poa pratensis sitzen dagegen nur ganz oberflächlich auf äusserst feinen Würzelchen. Da nun Phleum sich trotz des feinen und verhältnismässig geringen Wurzelsystems doch ziemlich rasch und gut entwickelt, so dürfte die Tatsache, dass Phleum auf Weiden nicht recht vorwärtskommt, wenn es überhaupt zu finden ist[1]) vielleicht darin begründet sein, dass das weidende Tier viel eher imstande ist, schwach verankerte Gräser auszurupfen als solche mit starker Verankerung, welche bedingt wird durch eine frühe Ausbildung zahlreicher Kronenwurzeln.

Die Tendenz zur Produktivität in der Wurzelmasse behält die Pflanze auch im geschlossenen Bestande sowohl bei ein- als auch bei mehrmaligem Schneiden bei. Aus den Tabellen auf S. 8—11 ergibt sich folgende Zusammenstellung:

---

[1]) Vergl. Falke, Die Dauerweiden, 2. Aufl., S. 115.

Art:	Wurzeln, lufttrocken in Gramm:			
	einmal geschnitten		dreimal geschnitten	
	kleine Gefässe	grosse Gefässe	kleine Gefässe	grosse Gefässe
Lolium perenne	23.05	24.65	22.50	25.95
Lolium italicum	14.08	23.60	27.70	17.50
Avena elatior	9.46	12.58	14 80	17.40
Dactylis glomerata . . .	9.05	11.45	18.30	20.50
Phleum pratense	8.54	9.68	6.05	3.40
Alopecurus pratensis . .	8 30	13.25	10.20	8.50
Festuca ovina	6.05	6.80	5.20	—
Festuca pratensis	16.30	30.85	27.30	32.50
Poa trivialis	6.60	7.40	4.90	2.20
Poa pratensis	3.61	4.58	1.00	—
Agrostis stolonifera . . .	6.10	8.86	10.20	8.20
Cynosurus cristatus . . .	8.16	9.42	6.40	—

Demnach ist bei Lolium perenne, Lolium italicum, Festuca pratensis, Avena elatior und in gewissem Grade auch bei Dactylis die grösste Wurzelmenge zu verzeichnen. Eine mittelmässige Wurzelproduktion ist bei Alopecurus. Agrostis, Phleum und Cynosurus, eine sehr geringe, bei Poa trivialis und vor allem bei Festuca ovina und Poa pratensis zu konstatieren. Wie sehr die Gräser im einzelnen in dieser Beziehung voneinander abweichen, geht besonders klar aus der prozentischen Verrechnung der Wurzelgewichte hervor, wobei die Erträge von Lolium perenne = 100 gesetzt sind (s. Tab. S. 8 und 9). Während Lolium perenne, Lolium italicum, Festuca pratensis und auch Avena elatior schon in ganz jungem Alter eine beträchtliche Wurzelmenge liefern, ist diese bei Dactylis in demselben Entwicklungsstadium bedeutend kleiner, nimmt aber dann nach mehrmaligem Schneiden beträchtlich zu.

Im grossen und ganzen produzieren die Gräser in dem ersten Vegetationsjahr schon bis zum ersten Schnitt ihre hauptsächlichste Wurzelmasse, die durch mehrmaliges Schneiden bei den weniger wüchsigen Gräsern eher verringert als vermehrt werden dürfte. Das ist aber auch durchaus natürlich. „Da es sich bei der Selbstregulation um wechselseitige Beeinflussung handelt, so hat z. B. eine Entwicklungshemmung im Sprosssystem eine Verlangsamung der Wachstumstätigkeit im Wurzel-

system zur Folge und umgekehrt.“ [1]) Vergleicht man im einzelnen die auf den kleinen Gefässen gefundenen Werte mit denen der grossen, so zeigt sich eine merkliche Differenz in den Wurzelgewichten, wie auch in der oberirdischen Substanz. Die zahlenmässige Abweichung der Ernten der grossen Gefässe von den kleinen stellt sich absolut und prozentisch wie folgt:

Art:	Lufttrockene Wurzeln einmal geschnitten		Lufttrockene Wurzeln dreimal geschnitten		Lufttrockene oberirdische Substanz einmal geschnitten		Lufttrockene oberirdische Substanz dreimal geschnitten	
	absol.	%	absol.	%	absol.	%	absol.	%
olium perenne . .	+ 1.6	+ 6.9	+ 3.45	+ 17.55	+ 10.36	+ 35.7	+ 13.05	+ 20.5
vena elatior . .	+ 3.12	+ 32.9	+ 2.6	+ 17.55	+ 9.30	+ 37.6	— 11.6	— 27.65
olium italicum .	+ 8.52	+ 17.5	— **10.2**	— 41.5	+ 15.40	+ 51.5	+ 4 6	+ 7.45
actylis glomerata	+ 2.4	+ 26 5	+ 2.2	+ 12.2	+ 5.99	+ **30.4**	— 9.0	— 24.3
hleum pratense .	+ 1.14	+ 13.35	— 2.65	— 43.8	+ 6.72	+ 32.8	— 11.2	— 43.7
lopecurus pratens.	+ 4 95	+ 59.6	— 2.3	— 22.5	+ 10.25	+ 69.6	— 5.15	— 25.6
estuca ovina . .	+ **0.75**	+ 12.4	—	—	+ **3.92**	+ 46.1	—	—
estuca pratensis .	+ 14.55	+ 89.3	+ 5.2	+ 19.2	+ 18.67	+ 66.1	+ 8.35	+ 14.5
grostis stolonifera	+ 2.76	+ 45.3	— 2.0	— 19.6	+ 12.05	+ 73.9	— **12.5**	— **60.4**
ynosurus cristatus	+ 1.26	+ 15.4	—	—	+ 8.07	+ 54.5	—	—
oa trivialis . . .	+ 0.8	+ 12.05	— 2.7	— **55.5**	+ 9 04	+ 44.7	— 5.9	— 42.4
oa pratensis . .	+ 0.97	+ 23.8	—	—	+ **3.69**	+ 45.75	—	—

Das durchgehende beträchtliche Mehr bei den grossen Gefässen nach einmaligem Schnitt ist nicht so sehr darauf zurückzuführen, dass die Kulturen auf denselben ca. 10 Tage später geschnitten sind; auch kann das verschiedene Bodenvolumen nach den Arbeiten von Lemmermann,[2]) Mitscherlich[3]) und Burmester[4]) nicht als differenzierender Wachstumsfaktor in Frage kommen, wenn auch bei den kleinen Gefässen eine gewisse mechanische Hemmung bei den wüchsigen Gräsern nicht ausgeschlossen ist. Das wesentliche Moment liegt auch hier in den

[1]) Pfeffer, Pflanzenphysiologie Bd. II, S. 197.

[2]) Lemmermann, Untersuchungen über den Einfluss eines verschieden grossen Bodenvolumens auf die Entwicklung der Pflanzen. Journal für Landwirtschaft 1905, S. 173.

[3]) Mitscherlich, Landw. Jahrb. Bd. 42, S. 710.

[4]) Burmester, Einfluss des Bodenvolumens und des Nährstoffvorrates auf die relative Wurzelentwicklung und den Ertrag bei Sommerhalmfrüchten. Journal für Landwirtschaft 1913, S. 135.

Wasserverhältnissen, welche in den grossen Gefässen bedeutend günstiger sich gestalten.

Bemerkenswert ist aber dabei, wie verschieden die einzelnen Gräser diesbezüglich reagiert haben. Der Mehrertrag an Wurzeln ist prozentisch (bezogen auf die Ernte der kleinen Gefässe) mit 6.9 bei Lolium perenne am niedrigsten, bei Festuca pratensis mit 89.25 am höchsten, während die Mehrerträge von Lolium italicum (61.75 %), Agrostis (45.25 %) und Avena ebenfalls eine beträchtliche Höhe erreichen. Sehr gering ist der Prozentzuwachs bei Phleum und vor allem Festuca ovina und Poa trivialis. Bei der oberirdischen Substanz finden sich fast dieselben Abstufungen.

Nach den obigen Zahlen scheint es so, als ob durch günstige Wasserverhältnisse Avena elatior und Dactylis in der Wurzelproduktion, Lolium italicum, Lolium perenne, Phleum pratense, Festuca ovina, Poa trivialis und Cynosurus dagegen in der Hervorbringung von oberirdischer Substanz vorteilhaft beeinflusst werden. In beiderlei Richtung günstig scheinen Alopecurus, Festuca pratensis, Poa pratensis und Agrostis zu reagieren.

Auch bei dreimaligem Schneiden wären bei den grossen Gefässen höhere Erträge zu erwarten gewesen als bei den kleinen. Dieses ist aber nur bei wenigen der Fall und dann auch uur in ganz geringem Mafse. Eine Erklärung hierfür ist nur darin zu suchen, dass die grossen Gefässkulturen in viel jüngerem Stadium zum ersten Male geschnitten wurden. Hierin liegt für die meisten Gräser wahrscheinlich das retartierende Moment, das nur wenige Gräser mit sehr grosser Entwicklungsfähigkeit zu überwinden vermochten und zwar mit einem verhältnismässig sehr geringen Erfolge. Lolium perenne, Avena elatior, Dactylis glomerata und Festuca pratensis haben in der Wurzelmasse gegenüber den kleinen Gefässen einen nur geringen Mehrertrag. In der oberirdischen Substanz haben nur Lolium perenne, Lolium italicum und Festuca pratensis ein kleines Plus aufzuweisen. Eigentümlich ist das grosse Wurzelmanko bei Lolium italicum.

Die Zeit der ersten Nutzung durch Schnitt oder Weiden scheint demnach auch auf die Bewurzelung wie überhaupt auf die ganze Entwicklung nicht ohne Folgen zu bleiben. Ein verhältnismässig früh genommener Schnitt scheint bei Lol. perenne und Festuca pratensis eine nennenswerte Abweichung nicht hervorzurufen. Eine mehr einseitige Wurzelproduktion scheint bei

Avena und Dactylis, eine solche an oberirdischer Substanz bei Lolium italicum und Agrostis einzusetzen.

Wie gross die Unterschiede in der Bewurzelung der einzelnen Pflanze am Ende des ersten Vegetationsjahres nach vorangegangenem dreimaligen Schnitt sind, geht aus Photographien der einzelnen Wurzelstöcke, welche ich hergestellt habe, welche aber nicht hier gebracht werden, hervor. Dieselben sind dem dichten Topfbestande entnommen. Dass dieses nicht restlos geschehen konnte, ist von vornherein klar. Da aber die grösste Sorgfalt dabei verwendet wurde, so sind grosse Verluste nicht eingetreten. Die Länge der Wurzeln ist folgende:

Art:	Gesamtlänge cm	Hauptmasse cm
Lolium perenne . . .	41.2	33.4
Phleum pratense . .	28.7	22.0
Alopecurus pratensis .	28.8	27.2
Festuca ovina . . .	20.2	19.0
Poa trivialis	23.3	21.1
Poa pratensis . . .	25.7	19.8
Agrostis stolonifera .	25.7	23.2
Cynosurus	18.7	13.8

Lolium perenne vertritt auch hier an erster Stelle die Klasse der wüchsigen Gräser. Ein auffallend kräftiges und gedrungenes Wurzelbüschel hat Poa trivialis. Dagegen besitzt Phleum pratense übereinstimmend mit den sonstigen Feststellungen einen recht kümmerlichen Wurzelstock, der zum grössten Teil aus ganz groben Strängen ohne erhebliche Befaserung besteht, was nicht gerade als Vorzug anzusprechen ist.

Ein ähnliches Bild ergibt sich aus den Zahlen, welche Jamieson[1]) für Wurzelstöcke in ungefähr demselben Alter angibt in Gramm:

Lolium perenne	163.00
Festuca pratensis	40.40
Phleum pratense	33.55
Dactylis glomerata	22.00
Alopecurus pratensis . . .	18.30
Cynosurus cristatus . . .	5.80
Festuca ovina	4.15

[1]) Jamieson, Über Klee und Graswurzeln, 1893.

Auch hier steht Lolium perenne mit 163.00 g vor allen anderen, während Cynosurus und Festuca ovina die niedrigsten Zahlen zeigen. Auffallend ist die niedrige Zahl für Festuca pratensis und Alopecurus und die hohe für Phleum pratense.

Über Farbe und Feinheit der Wurzeln in späterem Alter gibt die folgende Übersicht Aufschluss:

	Feinheit:	Farbe:
Phleum pratense . . .	sehr grob	grau
Avena elatior	grob	crême
Dactylis glomerata . .	„	gelb
Lolium perenne	mittelfein	weisslich
Lolium italicum . . .	„	grau
Festuca pratensis . . .	„	dunkelgrau
Alopecurus pratensis . .	„	hellbraun
Cynosurus cristatus . .	„	grün-gelb
Poa trivialis	fein	weiss
Festuca ovina	„	dunkelbraun
Poa pratensis	sehr fein	weiss
Agrostis stolonifera . .	„ „	glänzend weiss.

Bemerkenswert wäre vielleicht auch noch folgendes: Lolium perenne, Lolium italicum wie Festuca pratensis zeigen schon beim ersten Schnitt einen die oberste Erdschicht vollständig ausfüllenden äusserst dichten Wurzelflausch, von dem zahlreiche Würzelchen von weisser Farbe und grosser Feinheit über den Boden hinausragen, so dass es den Anschein eines Schimmelüberzuges erweckt. Diese Gräser sind aber infolgedessen eher imstande, die Verdunstung aus der Erde auf ein Minimum zu reduzieren, nutzen aber Tau wie auch sehr geringe Niederschläge bedeutend besser aus als die übrigen Gräser, bei denen selbst nach dem dritten Schnitt etwas ähnliches nicht zu finden war. Selbst die an Wasserdampf reiche Schicht über der Erdrinde dürfte durch die zahlreichen Luftwürzelchen noch vorteilhaft ausgebeutet werden. Diese Erscheinungen hängen sicher physiologisch mit der Tendenz zur Wüchsigkeit zusammen.

Aus allen bisherigen Feststeilungen geht hervor, dass gewisse Gräser den Grad ihrer Wüchsigkeit nicht einseitig sondern allseitig zum Ausdruck bringen. Besonders auffällig sind die Beziehungen zwischen ober- und unterirdischer Substanz bei diesen Grasarten. Unwillkürlich wird man hierbei zu der Annahme korrelativer Beziehungen gedrängt.

Eine grosse Wurzelmasse lässt bei denjenigen Gräsern, welche im Laufe des ersten Jahres ihre Hauptentwicklung erreichen, unter normalen Verhältnissen eine grosse absolute Blatt- und Halmmasse erwarten und umgekehrt. Diejenigen Gräser dagegen, welche erst in späteren Jahren ihre höchste Leistungsfähigkeit entfalten, haben im ersten Jahr eine geringe Wurzelentwicklung, dagegen ist die Menge an oberirdischer Substanz, welche von der Wurzeleinheit erzeugt wird, relativ recht gross. Das Verhältnis der Wurzel- zur Blattmasse schwankt natürlich unter den verschiedenen Bedingungen recht beträchtlich. Diese Schwankungen selbst wie auch ihre Ursachen näher zu untersuchen und exakt festzulegen, wäre sicher eine dankbare Aufgabe.

Eine Gruppierung der Gräser bezüglich ihrer Leistungsfähigkeit im ersten Jahre würde nach den vorliegenden Versuchen ungefähr folgende Reihe ergeben:

A. Lol. perenne, Lol. italicum, Festuca prat., Avena elatior.
B. Dactylis glomerata, Phleum pratense, Alopecurus.
C. Poa trivialis, Agrostis stolonifera, Cynosurus.
D. Festuca ovina, Poa pratensis.

Diese Einteilung deckt sich im allgemeinen mit den in der Literatur gemachten Angaben. Nur Festuca pratensis, der Wiesenschwingel, „eines unserer wertvollsten Weidegräser", weicht von den sonstigen Angaben ab. Die Meinung Falkes:[1]) „Der Wiesenschwingel entwickelt sich aber, wie auch die bisher genannten Schwingelarten, nach der Ansaat sehr langsam" ist mit den Feststellungen der vorliegenden Arbeit wie auch den Zahlen von Remy und Kraus nicht recht vereinbar.

Wodurch ist denn nun eigentlich die Wüchsigkeit der einzelnen Gräser bedingt?

Eine Hauptrolle spielt hierbei sicher die mehr oder weniger grosse Wurzel-Produktivität, welche auf embryonalen Anlagen und somit auf der Organisation des Keimplasmas beruht.

Auffallend aber ist, dass die so überaus wüchsigen Gräser durchweg grosse und relativ schwere Samen haben, was aus den Angaben über das Hundertkorngewicht auf S. 33 hervorgeht.

[1]) Falke, Die Dauerweiden, 1911, S. 134.

III.

Die Angaben über Versuche mit Gräsern in der gesamten Literatur zeigen bei näherer Untersuchung und Vergleichung untereinander oft sich förmlich widersprechende Resultate. Das ist durchaus verständlich. Keine in Kästen oder Vegetationsgefässen angesetzten Kulturen bieten dem Versuchsansteller so viel Schwierigkeiten wie gerade diejenigen mit Gräsern. Dass die Umsetzungen unter einer dichten Grasnarbe in ganz anderen Bahnen als bei den sonstigen Zerealien verlaufen, unterliegt nach den Arbeiten von Wollny[1]) keinem Zweifel. Daraus folgt, dass Ungenauigkeiten und Ungleichheiten in irgendeiner Beziehung auch weiterhin keine einseitigen Folgeerscheinungen zeitigen können. Der Hauptfehler rührt nur zu oft daher, dass man nicht die peinlichste Sorgfalt auf gleichmässige Dichte, Durchlüftung und Wasserversorgung verwendet. Die Gräser sind in ihren Ansprüchen und der Ausnutzungsfähigkeit gerade den gegebenen Wassermengen gegenüber so verschieden, dass man nur dann brauchbare Vergleichsresultate bekommen kann, wenn in jedem Augenblick bei allen Gräsern das Wasser sich gleichmässig im Maximum befindet und die übrigen Nährstoffe in entsprechender Weise vorhanden sind. Dass ein lückiger Bestand wie auch ungleichmässige Dichte unübersehbare Differenzen zur Folge haben muss, ist von vornherein klar. Dasselbe gilt für die Wasserversorgung. Diese dürfte bei den Versuchen von Remy nicht genug Berücksichtigung gefunden haben. Remy benutzte zu seinen Versuchen Holzkästen mit durchlöchertem Boden, die in ihrer ganzen Tiefe (ca. 30 cm) in dem gewachsenen standen. Der Versuchsboden war Rheinsand. Die Gefässe waren längere Zeit nur auf den Regen angewiesen. Als aber infolge der überaus grossen Trockenheit des betreffenden Jahres das Wasser zu fehlen anfing, wurden die Kästen von oben mit der Giesskanne begossen. Über die Menge des so zugeführten Wassers finden sich keinerlei Angaben. Die Kulturen von Kraus waren ebenfalls nur auf Regen angewiesen. Gewagt erscheint es auch, aus Kulturen auf Sand in durchlöcherten Holzkästen und Feststellungen an zwei Gräsern derselben Klasse Schlüsse zu ziehen auf die Düngung von Dauergrasanlagen überhaupt.[2])

[1]) Wollny, E., Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik, Bd. III, VI, X, XIII, XVIII und XIX.

[2]) Remy, l. c. S. 1.

Bei Versuchen mit Gräsern kann man meiner Meinung nach nicht genug mit Einschränkungen arbeiten und schliessen. Eine grössere Anzahl von Parallelgefässen ist ein unbedingtes Erfordernis, was in der vorliegenden Arbeit ebenfalls nicht genug berücksichtigt worden ist.

Der Wasserfrage glaube ich nach dem bewährten Göttinger Muster in zweckentsprechender Weise Rechnung getragen zu haben. Ob aber die Dichte der Grasdecke tatsächlich überall gleichmässig war, ist eine andere Frage. Mit einer „genügenden“ [1]) Aussaat wollte ich mich von vornherein nicht begnügen. Darum habe ich zuerst der ungefähren Grösse der einzelnen Grassamen entsprechende Volumina ausgesät. Aber auch dieses Verfahren scheint mir trotz der guten Übereinstimmungen nicht einwandfrei und nicht exakt genug.

Auf einem anderen Wege dagegen glaube ich allen Ansprüchen in obiger Richtung gerecht zu werden.

Das Ausgangsprodukt ist reines, möglichst über dem Phanoskop ausgesuchtes Saatgut. Dieses wird in einem Gläschen gut durcheinander geschüttelt. Hieraus wird dann für die einzelnen Grassamen in mehreren (4) Parallelen das Hundertkorngewicht bestimmt; die gewogenen 100 Körner werden dann sofort zur Bestimmung der Keimfähigkeit benutzt.

Das Hundertkorngewicht und die Keimfähigkeit betrugen im Mittel:

	Hundert-korngewicht g	Keim-fähigkeit %
Lolium perenne	0.206	90.5
Lolium italicum	0.178	49.0
Avena elatior	0.354	76.5
Festuca pratensis	0.2044	67.5
Phleum pratense	0.039	83.0
Alopecurus pratensis . .	0.085	47.0
Dactylis glomerata . . .	0.0783	49.5
Festuca ovina	0.069	48.5
Poa trivialis	0.0167	73.0
Poa pratensis	0.0179	13.0
Agrostis stolonifera . . .	0.0076	68.5
Cynosurus cristatus . . .	0.0661	67.5

[1]) Remy, l. c. S. 2.

Wie verschieden bei den Gräsern die Keimungsenergie ist, geht aus den folgenden genaueren Angaben hervor:

Keimversuch, angesetzt am 16. August.

Art:	19. Aug.		20. Aug.		21. Aug.		22. Aug.		23. Aug.		24. Aug.		25. Aug.		26. Aug.		Bis zum 7. Sept.		Zusammen		Mittelwert
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	%
Lolium perenne .	6	8	70	71	9	7	2	3	1	2	—	—	—	—	—	1	1	—	89	92	90.5
Avena elatior . .	—	—	11	20	30	35	17	13	6	5	2	4	—	—	6	4	1	1	73	80	76.5
Lolium italicum .	—	—	40	29	9	11	1	—	1	3	—	—	—	—	—	3	1	—	52	46	49.0
Dactylis glomer.	—	—	—	—	5	6	13	6	8	11	7	8	—	—	14	6	5	10	52	47	49.5
Phleum pratense	—	—	56	65	16	10	2	3	6	5	—	—	—	—	—	—	2	1	82	84	83.0
Alopecurus prat.	—	—	—	—	8	17	17	9	4	4	6	—	—	—	8	9	4	8	47	47	47.0
Festuca pratensis	—	—	17	17	29	20	10	10	5	12	3	—	—	—	2	5	—	5	66	69	67.5
Festuca ovina . .	—	—	1	1	14	16	15	22	2	4	1	1	—	—	1	7	6	6	40	57	48.5
Poa trivialis . . .	—	—	20	21	23	20	19	23	6	3	4	—	—	—	5	1	—	1	77	69	73.0
Poa pratensis . .	—	—	—	—	—	—	1	1	2	—	—	—	—	—	1	1	9	11	13	13	13.0
Agrostis stolonif.	—	—	33	34	24	16	3	6	8	5	—	—	—	—	5	3	—	—	73	64	68.5
Cynosurus cristat.	—	—	—	—	3	—	31	26	15	20	9	7	—	—	11	8	3	2	72	63	67.5

Bei der Ermittelung des Hundertkorngewichts dürften wohl Fehler kaum unterlaufen, wenn man mehrere Parallelwägungen ausführt. Die gefundene Keimfähigkeit kann schon in viel höherem Maße eine Fehlerquelle für die weiteren Bestimmungen sein, weil die Keimung von den verschiedensten Verhältnissen beeinflusst werden kann. Darum wurden mit Lolium italicum, Cynosurus und Poa pratensis noch Spezialversuche angestellt. Die Keimfähigkeit war folgende:

Lolium italicum in	Fliesspapier	im Dunkeln	47.0 %	Mittel = 54.5 %
„ „ „	sterilem Sand . . .	„ „	55.5 „	
„ „ „	unsterilem Sand . .	„ „	61.5 „	
Cynosurus crist. „	Fliesspapier	„ „	70.0 „	Mittel = 70.6 %
„ „ „	sterilem Sand . . .	„ „	73.0 „	
„ „ „	unsterilem Sand . .	„ „	68.0 „	
„ „ „	sterilem Sand . . .	„ Licht	71.5 „	
Poa pratensis „	Fliesspapier	im Dunkeln	7.5 „	Mittel = 13.5 %
„ „ „	sterilem Sand . . .	„ „	9.5 „	
„ „ „	unsterilem Sand . .	„ „	15.0 „	
„ „ „	sterilem Sand . . .	„ Licht	22.0 „	

Es zeigte sich also im Mittel eine recht gute Übereinstimmung mit den zuerst gefundenen Zahlen.

Aus dem Spezialversuch ergibt sich, dass bei Poa pratensis übereinstimmend mit Dr. Pieper[1]) gegen die Feststellungen von Dr. Pickholz[2]) das Licht auf die Keimung einen günstigen Einfluss hat. Die Keimproben auf resp. unter Fliesspapier zeigen erhebliche Schädigungen, wahrscheinlich infolge des Luftabschlusses, haben aber praktisch den Vorteil, dass sie weniger leicht von Schimmelpilzen befallen werden. Eine nicht zu hohe Temperatur ist in jeder Beziehung sehr vorteilhaft. Der spezialisierte Versuch keimte bei einem durchschnittlichen Maximum von 14.8° C. und 11.4° C. Minimum. Dass der Versuch ca. einen Monat lang unter Kontrolle stand, ist selbstverständlich.

Hat man das Hundertkorngewicht wie auch die prozentische Keimfähigkeit ermittelt, so wird man sich über die Grösse der mit Gras zu bestellenden Fläche orientieren und sich klar werden müssen, welcher Wirkungskreis der einzelnen Pflanze zuzuschreiben ist. Dabei wird aber in Erwägung zu ziehen sein, ob man es mit horstbildenden oder ausläufertreibenden Gräsern zu tun hat. Man wird bei Vegetationsversuchen gut tun, sofern es sich um einjährige Kulturen handelt, alle Gräser gleich dicht auszusäen. Handelt es sich aber um langjährige Kulturen, so wird es ratsam sein, den horstbildenden ein Wirkungsfeld von 1.5 qcm, den ausläufertreibenden dagegen ein solches von 2 bis 2.5 qcm zuzuweisen.

Die tatsächlich auszustreuende Menge (x) wäre also aus folgendem Ansatz zu berechnen:

$$x = \frac{\text{Gesamtfläche}}{\text{Wirkungsfeld}} \cdot \frac{\text{Hundertkorngewicht}}{\%\ \text{Keimfähigkeit}}.$$

Um experimentell zu prüfen, ob der Weg in praxi gangbar, habe ich Gefässe mit einer Oberfläche von 452.17 qcm nach der oben beschriebenen Methode angesäet und mich der Mühe unterzogen, dieselben nach dem Auflaufen durch Einteilung in kleinere Zonen auszuzählen. Das Resultat war ein durchaus befriedigendes. Die zu erwartende Zahl von Pflanzen betrug ca. 225. Die gefundene Zahl war:

---

[1]) Pieper, Vergleichende Keimversuche mit Grassämereien. Jena 1909.

[2]) Pickholz, Über die Wirkung des Lichtes und der intermittierenden Temperatur auf die Keimung von Poa pratensis.

			Bei einem Aussaatquantum von
Lolium perenne	233	217	0.52 g
Avena elatior	214	227	1.05 „
Lolium italicum	231	202	0.82 „
Festuca pratensis . . .	239	223	0.69 „
Dactylis glomerata . . .	212	220	0.36 „
Phleum pratense . . .	228	232	0.11 „

Für gleichmässige Verteilung der Samen ist durch schablonenmässiges Auslegen Sorge zu tragen. Der vorgezeichnete Weg mag vielleicht etwas langwierig und umständlich erscheinen, aber er erspart dem Versuchsansteller die Enttäuschungen, welche man bei Gräsern nur zu oft bei Verwendung von Saatgut, welches aus Samenhandlungen bezogen wurde, erleben muss. Das Sicherste und Beste ist's in jedem Falle, wenn man sich die nötigen Ausgangsprodukte selbst sammelt. Nur dann hat man die Garantie für ein gleichaltriges, unter denselben Verhältnissen gewachsenes Saatgut. Den eventuellen Standortsmodifikationen ist man in diesem Falle ebenfalls weniger ausgesetzt als bei den von auswärts bezogenen Samen. Denn gerade die Gräser besitzen die Fähigkeit, sich den obwaltenden Verhältnissen in weitgehendstem Maſse anzupassen und die so erlangten Eigenschaften auch zu vererben.

Fassen wir noch einmal die Resultate der vorliegenden Arbeit zusammen, so ergeben sich unter den zugrundeliegenden Verhältnissen im wesentlichen folgende Punkte:

I. Bei Graskulturen ist auf möglichste Gleichmässigkeit in der Behandlung und der Ansaatmenge zur Erreichung eines gleichmässigen dichten Bestandes zu achten.

II. Das nötige Aussaat-Quantum dürfte sich für Vegetationsversuche am einwandfreisten nach der angegebenen Methode bestimmen lassen.

III. Schon im Alter von einem Monat sind von den untersuchten Gräsern in jeder Beziehung absolut am produktivsten Lol. perenne, Lol. italicum, Festuca pratensis und Avena elatior.

IV. Die Tendenz zur Wüchsigkeit dominiert bei diesen Gräsern unter den mannigfaltigsten Bedingungen während des ersten Vegetationsjahres.

V. Die Beziehungen zwischen ober- und unterirdischer Substanz sind unverkennbar.

VI. Die Zeit der Ansaat und der ersten Inanspruchnahme als auch die Zahl der zu entnehmenden Schnitte üben auf die Entwicklungsfähigkeit sowohl der Wurzeln als auch der oberirdischen Substanz der einzelnen Gräser einen ganz verschiedenen Einfluss aus.

Zum Schluss möchte ich noch bemerken, dass die vorliegende Arbeit nicht im geringsten den Anspruch auf Vollständigkeit erheben kann, schon deshalb nicht, weil sich die Untersuchungen nur auf das Verhalten der Gräser im Jugendzustande erstreckt haben. Es ist sehr wohl möglich, dass das Verhältnis der Entwicklung der Wurzeln zu der der oberirdischen Masse sich beim Älterwerden der Pflanzen stark ändert. Meine Arbeit will nur ein kleiner Wegweiser sein auf dem Wege, der eventuell zum Ziele führen kann. Sie will vor allem anregend wirken. Es ist eine ernste Pflicht der landwirtschaftlichen Wissenschaft, gerade in dieses Gebiet, das im Mittelpunkt unseres heutigen Interesses steht, einwandfreie Klarheit zu bringen. Denn hier dürften unter Inangriffnahme der noch zu kultivierenden Moore und Ödländereien die überaus wichtigen volkswirtschaftlichen Fragen nach Fleischproduktion und Volksernährung ihre beste und einfachste Lösung finden.

Lebenslauf.

Am 25. März 1885 wurde ich als Sohn des Gutsbesitzers August Sinz und dessen Ehefrau Maria geb. Riedel zu Laukogallen, Kreis Insterburg (Ostpr.), geboren. Nach dem frühen Tode meiner Mutter nahm mich als zweijährigen Knaben meine Tante zu sich nach Insterburg. Hier besuchte ich das Kgl. Gymnasium, das ich Ostern 1904 mit dem Zeugnis der Reife verliess. Zunächst studierte ich in Greifswald und Königsberg Theologie und Philosophie. Am 3. Oktober 1907 bestand ich die Prüfung pro licentia concionandi. Nunmehr kam ich als Vikar in die theologische Praxis; nach einjähriger Tätigkeit trat ich dann freiwillig aus dem theologischen Dienst aus. Ich widmete mich dann an der Universität Königsberg philosophischen und germanistischen Studien. Nach kurzer Tätigkeit als Rektor einer höheren Töchterschule ging ich dann Ostern 1910 nach Göttingen, um Landwirtschaft zu studieren. Von Oktober 1910 bis Oktober 1912 war ich Assistent am landwirtschaftlichen Versuchsfeld der Universität Göttingen; während dieser Zeit kam auch die vorliegende Arbeit zur Ausführung. Ostern 1914 bestand ich vor der Kgl. Prüfungskommission in Göttingen die Prüfung für das Lehramt der Landwirtschaft.

Vorlesungen und Übungen besuchte ich bei folgenden Professoren und Dozenten: v. Seelhorst, Fleischmann, Tollens, Esser, Berthold, Beyerle, Koch, Lehmann, Pompecky, Wiegner.

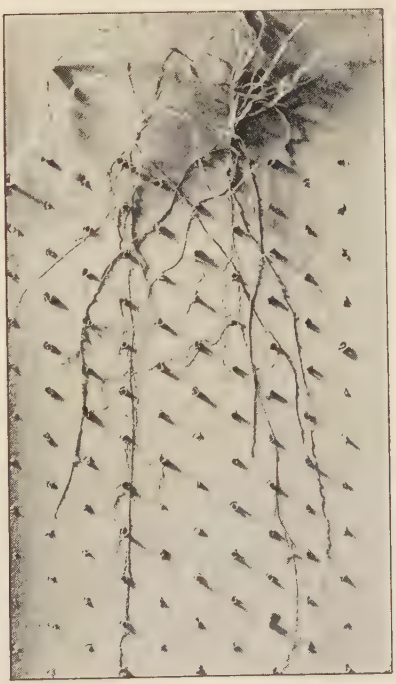
Allen meinen verehrten Lehrern spreche ich hierdurch meinen ehrerbietigsten Dank aus.

Ganz besonderen Dank möchte ich aber auch an dieser Stelle meinem hochverehrten Chef, Herrn Geh. Reg.-Rat Professor Dr. von Seelhorst, für die Anregung zu dieser Arbeit und die überaus liebenswürdige Unterstützung bei der Ausführung derselben, sowie für das mir stets in so weitgehendem Maße bewiesene Wohlwollen meinen allerherzlichsten Dank aussprechen.

lolium perenne.

lolium italicum.

festuca pratensis.



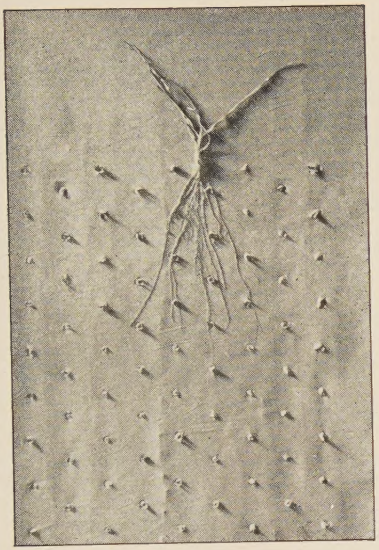
avena elatior.

dactylis glomerata.

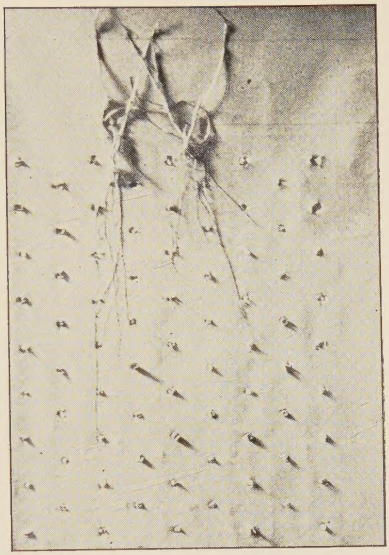
agrostis stolonifera.

phleum pratense.

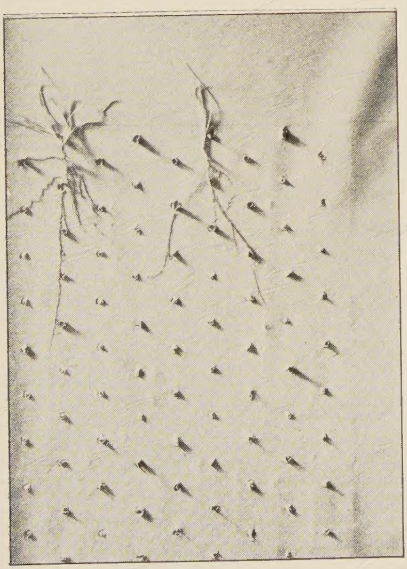
alopecurus pratensis.



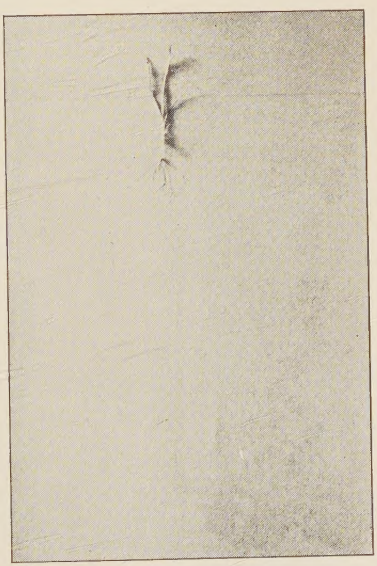
cynosurus cristatus.



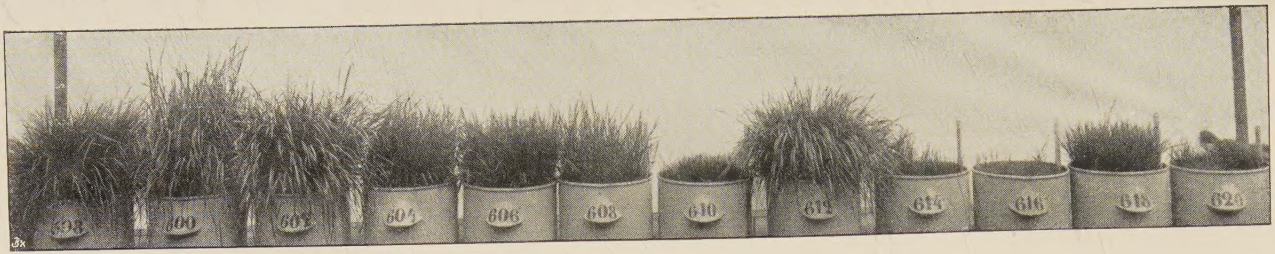
poa trivialis.



festuca ovina.

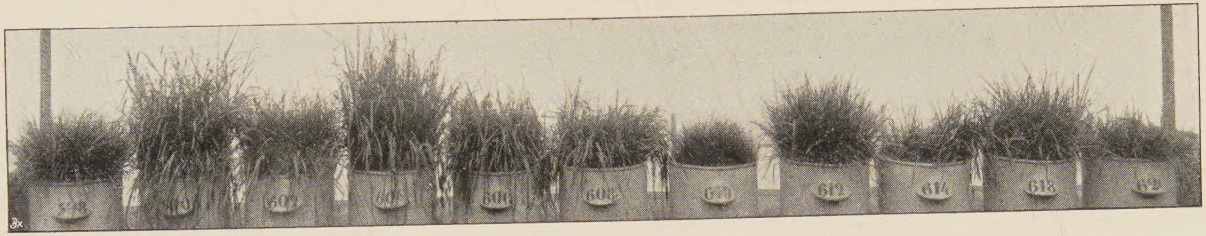


poa pratensis.



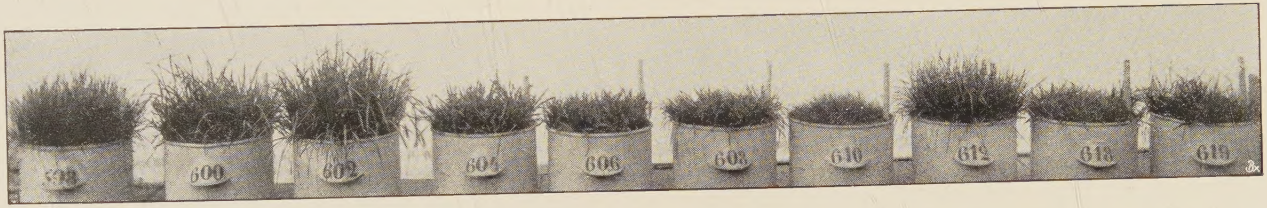
Erster Schnitt. 26. VII.

lol. per. av. el. lol. ital. dactyl. phleum. alopec. fest. ov. fest. prat. poa triv. poa prat. agrost. cynos



Zweiter Schnitt. 14. IX.

lol. per. av. el. lol. ital. dactyl. phleum alopec. fest. ov. fest. prat. poa triv. agrost. cynos.



Dritter Schnitt. 7. XI.

lol. per. av. el. lol. ital. dactyl. phleum alopec. fest. ov. fest. prat. agrost. cynos.

Verlag von Paul Parey in Berlin SW.